



TUGAS AKHIR - MO 141326

ANALISIS STRESS QUASI DINAMIS UNTUK STRUKTUR JACKET SAAT PELUNCURAN

PRIYO WICAKSONO

NRP. 4313100091

Dosen Pembimbing

Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., Ph.D

Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA
2018



TUGAS AKHIR - MO 141326

ANALISIS STRESS QUASI DINAMIS UNTUK STRUKTUR JACKET SAAT PELUNCURAN

PRIYO WICAKSONO

NRP. 4313100091

Dosen Pembimbing

Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., Ph.D

Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER

SURABAYA

2018



FINAL PROJECT - MO 141326

ANALYSIS OF DYNAMIC QUASI STRESS JACKET STRUCTURE FOR LAUNCHING

PRIYO WICAKSONO

NRP. 4313100091

Supervisors

Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., Ph.D

Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER

SURABAYA

2018

ANALISIS STRESS QUASI DINAMIS UNTUK STRUKTUR JACKET SAAT PELUNCURAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Progran Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRIYO WICAKSONO

NRP. 4313 100 091

Disetujui oleh :

1. Ir. Wisnu Wardhana, SE, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing I)

2. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing II)

3. Prof. Ir.Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D (Penguji 1)

4. Ir. Mas Murtedjo, M. Eng (Penguji 2)



Surabaya, Januari 2018

ANALISIS STRESS QUASI DINAMIS UNTUK STRUKTUR JACKET SAAT PELUNCURAN

Nama : Priyo Wicaksono
NRP : 4313100091
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc., Ph.D
Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Jacket Launching merupakan proses yang singkat tapi sangat kritis karena memiliki resiko yang tinggi. Jika terjadi kegagalan dalam proses *Jacket Launching*, maka dapat menyebabkan kerusakan atau tenggelamnya struktur (Gerwick,1986). Analisis dinamis peluncuran struktur *jacket* melibatkan berbagai parameter, meliputi *environmental conditions*, spesifikasi *launching barge* , *ballasting*, dan juga struktur *jacket* itu sendiri. Pada analisis dinamis ini akan dicari titik kritis pada *jacket structure* dalam setiap tahapan peluncuran, dan juga akan dicari gerakan pada *launching barge* terhadap struktur *jacket*. Model yang digunakan adalah data *Jacket Tugas Rancang Besar III*. Untuk pemodelan awal *jacket*, digunakan *software* SACS lalu dikonversi ke MOSES. Untuk analisa digunakan MOSES yang menghasilkan *stress jacket*, stabilitas *jacket* dan RAO *motion* struktur (heave, roll, pitch).

kata kunci : *jacket, jacket launching, peluncuran.*

ANALYSIS OF DYNAMIC QUASI STRESS JACKET STRUCTURE FOR LAUNCHING

Name : Priyo Wicaksono
NRP : 4313100091
Department : Ocean Engineering FTK – ITS
Supervisor : Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc., Ph.D
Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Jacket Launching is a short but very critical process because it has a high risk. If a failure occurs in the Jacket Launching process, it can cause damage or sinking of the structure (Gerwick, 1986). The dynamic analysis of *jacket launch* involves various parameters, including environmental conditions, launch barge specifications, ballasting, and also the jacket structure itself. In this dynamic analysis will be searched for the critical point on the jacket structure in each stage of launch, and also will be sought movement on launching barge against jacket structure. The model used is data TRB III. For initial jacket modeling, used SACS software then converted to MOSES. For the analysis used MOSES that produce stress jacket, jacket stability and RAO motion structure (heave, roll, pitch).

Key Word : *jacket, jacket launching, peluncuran.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Analisis Stress Quasi Dinamis Untuk Struktur Jacket Saat Peluncuran”.

Adapun laporan tugas akhir tentang menghitung stress yang terjadi pada pada struktur jacket saat mengalami peluncuran ini telah penulis usahakan semaksimal mungkin dan tentunya dengan bantuan dari banyak pihak, sehingga dapat memperlancar proses pembuatan laporan tugas akhir ini. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga dari laporan tugas akhir ini dapat diambil manfaat dan dapat memberikan inspirasi terhadap pembaca. Kritik dan saran dari Anda sangat penulis harapkan untuk pengembangan ilmu ini.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan Kerja Praktek dan juga penulisan laporan ini, meliputi

1. Keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing 1 yang telah memberi bimbingan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
3. Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing 2 yang telah memberi bimbingan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
4. Teman-teman pengurus Laboratorium Hidrodinamika ITS 2016/2017 yang telah membantu dan mendukung pengerjaan tugas akhir ini.
5. Teman-teman angkatan 2013 VALTAMERI yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya atas segala bentuk bantuannya kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
---------------------------	---

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian.....	26

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Jacket	31
4.2 Pemodelan Barge.....	32
4.3 Analisa RAO Barge.....	33

4.4 Simulasi Peluncuran Struktur Jacket.....	46
4.5 Analisis Stress Struktur Jacket Pada Saat peluncuran.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Progressive wave</i> dan <i>Standing wave</i> (P.Indiyono,2004)	7
Gambar 2.2 Pembebanan aksial pada batang tubular (Popov, 1996).....	12
Gambar 2.3 Pembebanan momen kopel pada batang tubular (Popov, 1996)	12
Gambar 2.4 Gaya puntiran pada batang silinder (Popov, 1996)	14
Gambar 2.5 <i>Barge</i> saat mengalami oleng/heel pada sudut $\Delta\phi$	16
Gambar 2.6 <i>Barge</i> mengalami <i>trim</i> karena pemindahan muatan datar memanjang	17
Gambar 2.7 Pengurangan tinggi metasentra oleh pengaruh muatan cair	21
Gambar 2.8 Proses <i>Launching Jacket</i> (Ultramarine, 2001)	23
Gambar 2.9 <i>Ballasting Jacket</i> (Ultramarine, 2001)	23
Gambar 2.10 <i>B Jacket</i> Tipping (Ultramarine, 2001)	24
Gambar 2.11 <i>Jacket</i> terpisah dari <i>Barge</i> (Ultramarine, 2001)	24
Gambar 2.12 <i>Jacket Floating</i> (Ultramarine, 2001)	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Desain <i>Jacket</i> Struktur TRB III	26
Gambar 3.3 Layout BOA <i>Barge</i> 21-22	27
Gambar 3.4 Peta Lokasi Operasi di Selat Madura	28
Gambar 4.1 Desain <i>jacket</i> (SACS) tampak belakang	31
Gambar 4.2 Desain <i>jacket</i> (SACS) tampak samping	31
Gambar 4.3 Desain <i>jacket</i> (MOSES) tampak isometri	32
Gambar 4.4 Desain kapal (MOSES) tampak isometri	32
Gambar 4.5 desain kapal (MOSES) tampak atas	33
Gambar 4.6 Grafik RAO surge pada <i>Barge</i> posisi 1	34
Gambar 4.7 Grafik RAO sway pada <i>Barge</i> posisi 1	35
Gambar 4.8 Grafik RAO heave pada <i>Barge</i> posisi 1	35

Gambar 4.9 Grafik RAO roll pada Barge posisi 1	36
Gambar 4.10 Grafik RAO pitch pada Barge posisi 1	37
Gambar 4.11 Grafik RAO yaw pada Barge posisi 1	37
Gambar 4.12 Grafik RAO surge pada Barge posisi 2	38
Gambar 4.13 Grafik RAO sway pada Barge posisi 2	39
Gambar 4.14 Grafik RAO heave pada Barge posisi 2	39
Gambar 4.15 Grafik RAO roll pada Barge posisi 2	40
Gambar 4.16 Grafik RAO pitch pada Barge posisi 2	40
Gambar 4.17 Grafik RAO yaw pada Barge posisi 2	41
Gambar 4.18 Grafik RAO surge pada Barge posisi 3	42
Gambar 4.19 Grafik RAO sway pada Barge posisi 3	42
Gambar 4.20 Grafik RAO heave pada Barge posisi 3	43
Gambar 4.21 Grafik RAO roll pada Barge posisi 3	44
Gambar 4.22 Grafik RAO pitch pada Barge posisi 3	44
Gambar 4.23 Grafik RAO yaw pada Barge posisi 3	45
Gambar 4.24 Simulasi peluncuran pada saat posisi 1 (20 meter dari depan kapal, sudut kemiringan barge 2 derajat).	46
Gambar 4.25 Simulasi peluncuran pada saat posisi 2 (60 meter terhadap depan kapal, sudut kemiringan barge 3 derajat).	46
Gambar 4.26 Simulasi peluncuran pada saat posisi 3 (90 m dari depan kapal, sudut kemiringan barge 4 derajat). (struktur jacket mengalami tipping)	47
Gambar 4.27 Simulasi peluncuran pada saat struktur jacket tercelup di laut lepas dari barge	48
Gambar 4.28 Maximum uc struktur jacket pada posisi 1 (42 meter dari depan kapal).	49
Gambar 4.29 Maximum uc struktur jacket pada saat posisi 2	50
Gambar 4.30 Maximum uc struktur jacket pada saat posisi 3	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data <i>Metaocean</i> angin dan gelombang.....	28
Tabel 3.2 Data <i>Metaocean</i> arus laut.....	28
Tabel 4.1 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan surge posisi 1	34
Tabel 4.2 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan sway posisi 1	35
Tabel 4.3 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan heave posisi 1	36
Tabel 4.4 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan roll posisi 1	36
Tabel 4.5 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan pitch posisi 1	37
Tabel 4.6 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan yaw posisi 1	37
Tabel 4.7 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan surge posisi 2	34
Tabel 4.8 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan sway posisi 2.....	35
Tabel 4.9 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan heave posisi 2.....	36
Tabel 4.10 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan roll posisi 2	36
Tabel 4.11 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan pitch posisi 21	37
Tabel 4.12 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan yaw posisi 2	37
Tabel 4.13 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan surge posisi 3	34
Tabel 4.14 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan sway posisi 3.....	35
Tabel 4.15 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan heave posisi 3.....	36
Tabel 4.16 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan roll posisi 3	36
Tabel 4.17 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan pitch posisi 3	37
Tabel 4.18 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan yaw posisi 3	37
Tabel 4.19 Daftar percepatan pada masing2 support can jacket struktur posisi 1 .	48
Tabel 4.20 Daftar percepatan pada masing2 support can jacket struktur posisi 2 .	48
Tabel 4.21 Daftar percepatan pada masing2 support can jacket struktur posisi 3 .	49
Tabel 4.22 Daftar UC dan axial stress pada posisi 1.....	49

Tabel 4.22 Daftar UC dan axial stress pada posisi 2.....	50
Tabel 4.22 Daftar UC dan axial stress pada posisi 3.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN DATA KATALOG BOA BARGE 21/22
LAMPIRAN DATA INPUT .CIF SIMULASI MOSES
LAMPIRAN DATA INPUT .DAT SIMULASI MOSES
LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 1
LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 2
LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 3

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri lepas pantai sudah beroperasi selama puluhan tahun. Pada tahun 1947 untuk pertama kalinya anjungan lepas pantai struktur baja terpancang dengan berat 1200 ton yang diinstalasikan di Teluk Mexico. Pengembangan dan inovasi terus dilakukan guna meningkatkan kinerja, efektifitas, dan efisien industri lepas pantai. Struktur lepas pantai awalnya dipancang di dasar laut (*seabed*) dan bentuknya cenderung sederhana seperti menara transmisi elektrik biasa yang terpancang di daratan (Chakrabarti, 1994).

Untuk keperluan eksplorasi dan eksploitasi pertambangan minyak dan gas bumi di perairan yang relatif dangkal biasanya digunakan jenis bangunan lepas pantai dengan tipe *Fixed Platform*. Di perairan Indonesia yang paling banyak digunakan adalah *Jacket Platform*, karena struktur *jacket* ini dipandang paling ekonomis. Struktur *jacket* terdiri dari dua bagian besar yaitu :

1. Bangunan atas yang memberikan bidang horisontal sebagai tempat beroperasi eksploitasi dan produksi.
2. Bangunan pendukung yang berupa struktur *jacket* yang dipancangkan pada *seabed*. Struktur *jacket* ini mentransfer semua beban-beban vertikal maupun lateral yang diterima struktur ke lapisan tanah didasar laut.

Struktur *jacket* awalnya dibangun di lapangan fabrikasi yang terletak di darat. Setelah struktur *jacket* selesai dibangun, *jacket platform* dibawa ke *site* dimana *platform* akan beroperasi dengan menggunakan *barge*. *Jacket platform* yang sudah siap di *site* akan dilakukan proses instalasi.

Proses instalasi *jacket* merupakan proses yang penting dalam membangun suatu anjungan *Jacket*. *Jacket* dapat mengalami kerusakan apabila proses instalasi tidak direncanakan dengan baik. Untuk instalasi *jacket* ada tiga cara yang bisa dipertimbangkan: *Lifting* (diangkat), *launching* (diluncurkan), dan *self floating* (Soegiono, 2004).

Jacket Launching atau Peluncuran *Jacket* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam *jacket installation*. *Jacket Launching* merupakan proses

yang singkat tapi sangat kritis karena memiliki resiko yang tinggi. Jika terjadi kegagalan dalam proses *jacket Launching*, maka dapat menyebabkan kerusakan atau tenggelamnya struktur (Gerwick, 1986). Pada proses peluncuran ini salah satu faktor penting yang harus diperhatikan ialah stress yang terjadi pada struktur *jacket*. Jika struktur *jacket* mengalami kritikal stress, maka dapat menyebabkan kegagalan dalam proses *jacket launching*.

Analisis dinamis peluncuran struktur *jacket* melibatkan berbagai parameter, meliputi *environmental conditions*, spesifikasi *launching barge*, *ballasting*, dan juga struktur *jacket* itu sendiri. Pada analisis dinamis ini akan dicari titik kritis pada *jacket structure* dalam setiap tahapan peluncuran, dan juga akan dicari gerakan pada *launching barge* pada saat peluncuran. Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan agar dapat menjadi acuan dalam desain *jacket*, proses *ballasting* saat *launching*, serta pemilihan *skidshoe*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan kajian dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Bagaimana stress yang terjadi pada struktur *jacket* selama tahapan peluncuran?
2. Bagaimana gerakan *launching barge* yang terjadi terhadap struktur *jacket*?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah di atas, dapat diambil tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mendapatkan kritis stress pada *jacket structure* selama peluncuran.
2. Untuk mengetahui gerakan *launching barge* terhadap struktur *jacket* pada saat peluncuran.

1.4 Manfaat

Dari hasil tugas akhir ini diharapkan akan dapat memberikan informasi dan gambaran mengenai kritis stress pada struktur *jacket* pada saat peluncuran, serta gerakan *launching barge* terhadap struktur *jacket* pada saat peluncuran. Hasil tugas akhir ini juga diharapkan agar dapat menjadi acuan dalam desain *jacket*, proses *ballasting* saat *launching*, serta pemilihan *skidshoe*.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari pembahasan yang melebar sehingga dilakukan asumsi sebagai berikut :

1. Beban lingkungan yang diperhitungkan adalah beban gelombang dan arus, dan beban angin.
2. Arah datang gelombang adalah 0^0 , 45^0 , 90^0 , 135^0 , 180^0 terhadap *launching barge*.
3. Tidak membahas up ending.
4. Tidak ada variasi kedalaman dan barge.
5. Data barge tidak di validasi karena menggunakan data barge TRB III (tidak ada data yang bisa dibandingkan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Jacket adalah struktur yang berfungsi menyangga dek, melindungi pipa-pipa *riser* serta *conductor*, sebagai pelindung pile dari berbagai gaya (gaya tumbukan kapal yang berlabuh, dsb), serta korosi sehingga *platform* dapat berfungsi dan beroperasi dengan baik. Struktur *jacket* merupakan struktur yang sangat kompleks yang terdiri dari *jacket leg*, *horizontal brace*, *diagonal brace*, dan komponen-komponen lain.

Proses instalasi *jacket* merupakan proses yang penting dalam membangun suatu anjungan *Jacket*. *Jacket* dapat mengalami kerusakan apabila proses instalasi tidak direncanakan dengan baik. Untuk instalasi *jacket* ada tiga cara yang bisa dipertimbangkan: *Lifting* (diangkat), *launching* (diluncurkan), dan *self floating* (Soegiono, 2004).

Jacket Launching atau Peluncuran *Jacket* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam *jacket installation*. Pada proses peluncuran ini salah satu faktor penting yang harus diperhatikan ialah stress yang terjadi pada struktur *jacket*. Stress yang terjadi pada struktur *jacket* akan dipengaruhi oleh stabilitas dan gerakan pada *launching barge*. *Jacket Launching* merupakan proses yang singkat tapi sangat kritis karena memiliki resiko yang tinggi. Jika terjadi kegagalan dalam proses *Jacket Launching*, maka dapat menyebabkan kerusakan atau tenggelamnya struktur (Gerwick, 1986).

2.2 Dasar Teori

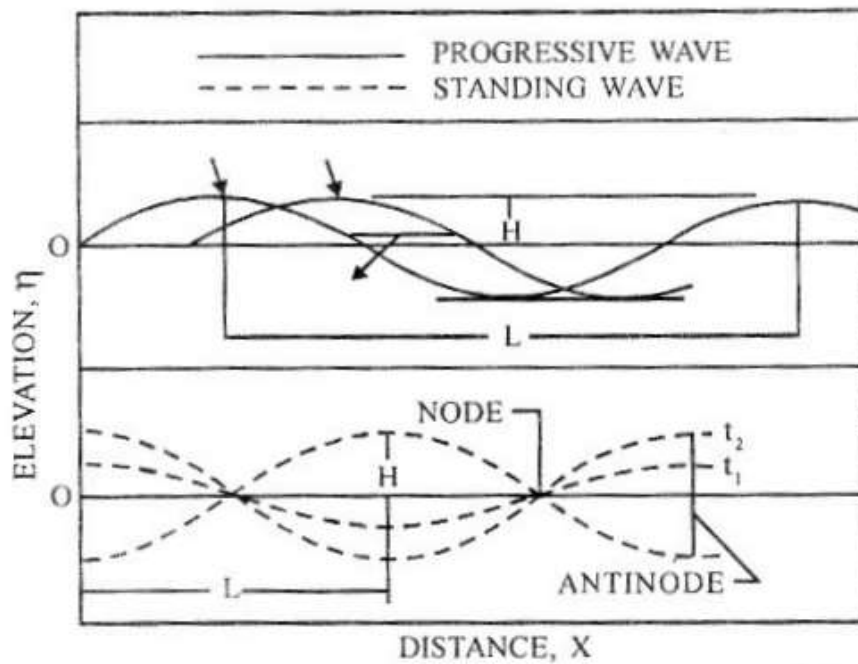
Dalam tugas akhir ini akan digunakan beberapa teori-teori sebagai acuan atau referensi dalam proses perhitungannya.

2.2.1 Beban Gelombang

Gelombang diidealisasikan sebagai bentuk dua dimensi dengan bidang XY. Sumbu X adalah dasar laut yang selalu dianggap datar dan sumbu Y adalah kedalaman (d) yang diukur dari *Still Water Level* (P.Indiyono,2004).

Pada prinsipnya terdapat dua jenis gelombang air, yaitu *Oscillatory Wave* (gelombang bolak-balik) dan *Translatory Wave* (gelombang pemindahan). Perbedaan antara kedua gelombang ini terletak pada pemindahan fluida yang terjadi. Pada *oscillatory wave*, pengangkutan fluida yaitu pemindahan dan penempatan massa sama dengan nol, sedangkan pada *translatory wave* terjadi pemindahan massa (Le Mehaute,1976).

Oscillatory wave dibedakan menjadi *progressive wave* (gelombang berjalan) dan *standing wave* (gelombang diam). *Progressive wave* berjalan sepanjang sumbu X dengan kecepatan tertentu (*celerity*). Sebaliknya pada *standing wave*, permukaan air mengalami gerakan naik turun diantara titik-titik simpul tanpa mengalami pergerakan searah sumbu X. *Standing wave* dapat dipahami sebagai superposisi dua gelombang *progressive* yang memiliki *amplitude* dan periode yang sama, tetapi berjalan dengan kecepatan yang sama dalam arah yang berlawanan sehingga jumlah *net travel*-nya (perjalanan) sama dengan nol dan yang tertinggal hanyalah pergerakan bolak-balik searah vertikal (Chakrabarti,1987). Perbedaan kedua gelombang tersebut dapat dilihat dengan jelas pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 *Progressive wave* dan *Standing wave* (P.Indiyono,2004)

Salah satu teori gelombang yang termasuk dalam *oscillatory* adalah gelombang *Airy*. Berikut diberikan sedikit penjelasan mengenai teori gelombang *Airy*.

Teori Gelombang *Airy*

Teori gelombang yang paling sederhana, tetapi paling banyak digunakan dalam bidang kelautan, adalah teori gelombang amplitudo kecil dari *Airy*. Teori ini disebut juga sebagai teori gelombang sinusoidal. Teori-teori gelombang tersebut diasumsikan bahwa gelombang hanya memiliki dua dimensi X dan Y.

Penentuan sistem koordinat tersebut didefinisikan bahwa arah sumbu bernilai positif pada sumbu Z dengan arah ke atas dan sumbu X dengan arah ke kanan, dengan titik origin nol pada *mean waterline*.

Asumsi awal yang ditetapkan adalah fluida diasumsikan *inviscid* atau ideal.

$$\gamma = 0 \quad \dots \quad (2.1)$$

dimana γ = viskositas kinematik

Selama diasumsikan bahwa jenis fluidanya adalah fluida yang ideal maka tidak akan terjadi *energy dissipation* (kehilangan energi) akibat *viscous damping*.

Asumsi yang ke-dua adalah fluida bersifat *incompressible*;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial \rho}{\partial x} = \frac{\partial \rho}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana ρ = densitas fluida

Asumsi ini merupakan asumsi yang masuk akal (Vendiver,1986). Selain itu sangatlah mungkin untuk memodelkan kompresibilitas dari fluidanya karena kompresibilitas memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap perhitungan *added-mass* (massa tambah) dan *wave-damping*.

Asumsi ke-tiga,fluida merupakan fluida yang irrotational;

$$\nabla \times \bar{V} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana ∇ = *del operator*

\bar{V} = *fluid particle velocity vector*

dari asumsi di atas dapat diperoleh velocity field di dalam fungsi gradient skalar.

$$\bar{V} = \nabla \times \Phi \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana Φ = *velocity potential*

Dengan persamaan Laplace dapat dilakukan kontrol terhadap volume fluida yang masuk dan keluar.

$$\nabla^2 \Phi = 0 \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dari batasan asumsi di atas dapat dijabarkan kondisi batasan (*boundary conditions*) dalam teori gelombang *Airy*.

- *Bottom-boundary condition* (tidak ada fluida yang mengalir pada *bottom* dan komponen normal dari kecepatan fluida = 0)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \quad \text{pada } z=-h$$

dimana h = kedalaman air

- *Kinematic-boundary condition* (partikel fluida yang berada di dekat free-surface hanya bias bergerak secara tangensial). Secara linier memiliki persamaan :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad \text{pada } z=0 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana η = *free surface elevastion*

- *Dynamic-boundary condition* (tekanan air di bawah permukaan harus sama tekanan udara di atas permukaan)

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \Phi}{\partial t} \quad \text{pada } z=0 \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana g = percepatan gravitasi

Dari semua *boundary condition* tersebut dapat dikombinasikan untuk menyelesaikan persamaan *Laplace* sebelumnya, sehingga pada akhirnya dapat diperoleh persamaan angka gelombang dan frekuensi gelombang.

$$\omega^2 = kg \tanh(kh)$$

dimana ω = frekuensi gelombang

k = angka gelombang

$$= \frac{2\pi}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

λ = panjang gelombang

Jadi dari keseluruhan bahasan tersebut di atas, teori gelombang *Airy* memiliki beberapa batasan asumsi, yaitu :

1. Amplitudo gelombangnya jauh lebih kecil daripada panjang gelombangnya;
2. Fluidanya *irrotational*;
3. Fluidanya merupakan fluida yang ideal;
4. Fluidanya *incompressible*.

Kemudian untuk langkah lebih lanjut, teori *Airy* ini menjadi basis teori untuk aplikasi gelombang *irregular* (gelombang acak).

2.2.2 Beban Angin

Beban lingkungan lain yang bersifat dinamis adalah beban angin, tetapi beberapa struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Dalam perancangan sebuah *offshore structure* pada umumnya, perhitungan beban angin disyaratkan untuk didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan waktu pengulangan 50 atau 100 tahun. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pengulangan, maka resiko kegagalan semakin besar.

Gaya pada permukaan datar diasumsikan sebagai gaya normal pada permukaan dan gaya pada tanki silinder vertikal, pipa, dan silinder lain diasumsikan searah dengan arah angin, sedangkan yang tidak vertikal dapat dihitung menggunakan formula yang diambil dari perhitungan arah angin berhubungan dengan gerak objek. Hal tersebut berlaku untuk semua sudut dari pendekatan beban angin pada struktur.

2.2.3 Beban Arus

Tidak hanya gelombang, beban arus juga merupakan salah satu beban lingkungan yang memberikan gaya terhadap kapal. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai fungsi *non-linier*. Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama, tetapi dalam fungsi *linier*.

2.2.4 Response Amplitude Operators (RAO)

Respon pada struktur *offshore* (baik struktur *fixed* maupun terapung) akibat gelombang reguler dalam tiap-tiap frekuensi, dapat diketahui dengan menggunakan metode *spectra*. Nilai amplitudo pada suatu *response* secara umum hampir sama dengan amplitudo gelombang. Bentuk normal suatu *response* dari sistem linier tidak berbeda dengan bentuk amplitudo gelombang dalam fungsi frekuensi.

Response-Amplitude Operator (RAO) atau sering disebut sebagai *Transfer Function* adalah fungsi *response* yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur *offshore*. RAO disebut sebagai *Transfer Function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk *response* pada suatu struktur. Bentuk umum dari persamaan RAO dalam fungsi frekuensi (Chakrabarty, 1987) adalah sebagai berikut :

$$Response(\omega) = (RAO) \eta(\omega) \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana, η = amplitudo gelombang, m, ft

2.2.5 Respon Struktur

Response Amplitude Operator (RAO) atau disebut juga dengan *Transfer Function* merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang disebabkan akibat gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti (1987), persamaan RAO dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$RAO(\omega) = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$X_p(\omega)$ = amplitudo struktur

$\eta(\omega)$ = amplitudo gelombang

Spektrum respons didefinisikan sebagai respons kerapatan energi pada struktur akibat gelombang. Spektrum respons merupakan perkalian antara spektrum gelombang dengan RAO kuadrat, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$S_R = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

S_R = spektrum respons (m^2 -sec)

$S(\omega)$ = spektrum gelombang (m^2 -sec)

$RAO(\omega)$ = transfer function

ω = frekuensi gelombang (rad/sec)

2.2.6 Konsep Tegangan

1. Tegangan Aksial/Normal

Tegangan normal dapat diakibatkan karena dua hal yaitu yang disebabkan oleh gaya aksial dan lenturan.

- Disebabkan oleh gaya aksial

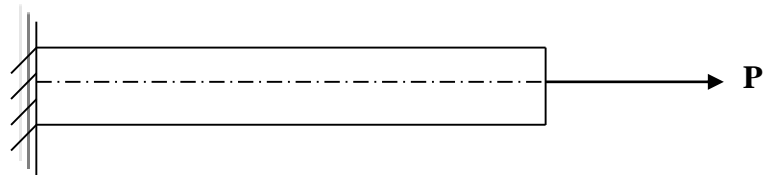
Pada Gambar 2.1 batang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik P. Akibat gaya ini, batang akan mengalami tegangan aksial sebesar (Popov, 1996):

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

A = luas penampang lintang (m²)

P = Gaya Tarik (N)



Gambar 2.3 Pembebanan aksial pada batang tubular (Popov, 1996)

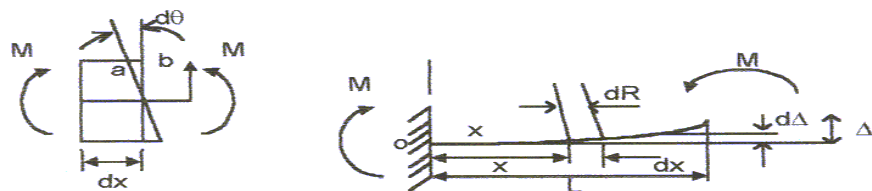
- Disebabkan oleh lenturan, ada dua kondisi lenturan yaitu :

Pada batang lurus $\sigma = -\frac{My}{I} \dots\dots\dots (2.13)$

Pada lengkung simetris $\sigma = \frac{My}{Ae(R-y)} \dots\dots\dots (2.14)$

- Disebabkan oleh momen lentur murni.

Selain akibat gaya aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi di setiap ujungnya (Gambar 2.2). Tegangan yang terjadi akibat momen ini dikenal sebagai *bending stress* atau tegangan lentur.



Gambar 2.4 Pembebanan momen kopel pada batang tubular (Popov, 1996)

dimana :

x = jarak dari sumbu netral ke sembarang titik disepanjang L pada penampang (gambar 2.2).

I_z = momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z

Interaksi antara kedua jenis tegangan aksial di atas dalam kaitannya dengan superposisi antara kedua jenis tegangan aksial tersebut, menghasilkan koreksi pada besar tegangan lentur. Pengurangan besar tegangan lentur akibat adanya tegangan tarik dapat diabaikan tetapi pertambahan besar tegangan lentur akibat terbentuknya tegangan *buckling* yang disebabkan oleh tegangan aksial tekan perlu diperhatikan.

2. Tegangan Geser

Penyebab terjadinya tegangan geser ada dua jenis yaitu tegangan geser yang disebabkan oleh puntiran dan gaya geser dalam balok.

- Disebabkan oleh puntiran

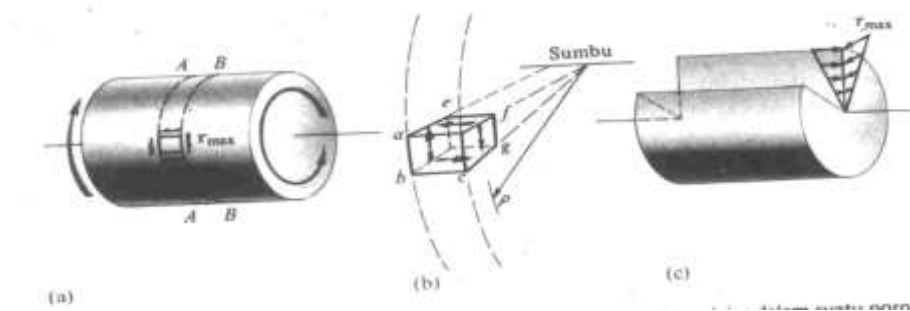
Poros melingkar
$$\tau = \frac{T\rho}{I_p} \dots\dots\dots(2.15)$$

Poros sikuempat
$$\tau = \frac{T}{\alpha bc^2} \dots\dots\dots(2.16)$$

Tabung dinding tipis tertutup
$$\tau = \frac{T}{2At} \dots\dots\dots(2.17)$$

- Disebabkan oleh gaya geser dalam balok
$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

Batang penampang bulat juga akan mengalami tegangan geser walau besarnya tidak begitu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti struktur *jacket* adalah momen puntiran aksial. Pada Gambar 2.5 tampak batang mengalami pembebanan puntiran T pada kedua ujungnya.



Gambar 2.5 Gaya puntiran pada batang silinder (Popov, 1996)

Tegangan maksimum yang akan terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{T.R}{I} \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana :

I = momen inersia kutub

T = momen torsi terkonsentrasi

R = jari-jari penampang batang

Sedangkan nilai Inertia (I) untuk :

Circular ring : $\frac{\pi}{2}(R_o^4 - R_i^4) \dots\dots\dots(2.19)$

Round bar : $\frac{\pi}{2}(R^4) \dots\dots\dots(2.20)$

σ adalah tegangan geser yang bekerja pada penampang lintang lingkaran dan R adalah jari-jari penampang batang. Tegangan geser yang bekerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari dan mempunyai arah yang sama dengan momen puntir.

3. Kriteria Tegangan Ijin

Bagian struktur yang menerima beban kompresi dan beban tekuk harus memenuhi kriteria kekuatan dan kriteria stabilitas. Apabila total tegangan pada setiap bagian konstruksi melebihi tagangan ijin maka keruntuhan akan terjadi. Tegangan ijin untuk member silinder (API RP 2A-WSD, 1993)

a. Tegangan Tarik

Tegangan tarik ijin F_t , dirumuskan :

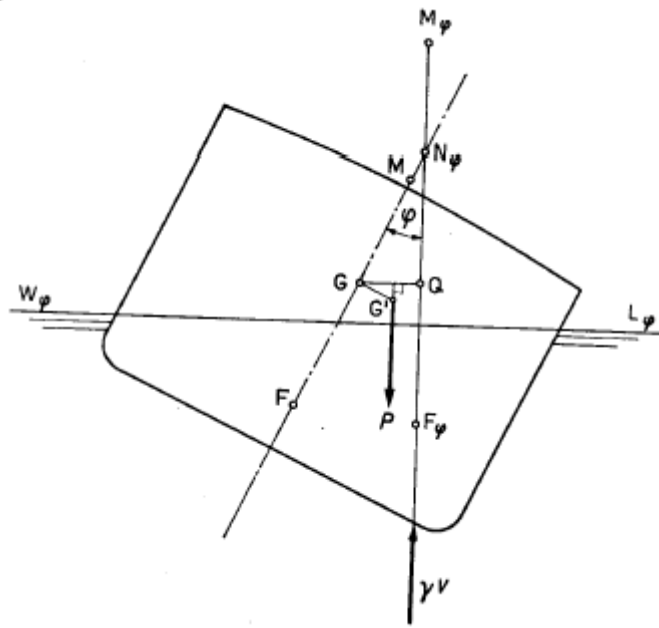
$$F_t = 0.6F_y \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana : F_y adalah tegangan *yield*, ksi (MPa)

2.2.7 Stabilitas *Barge*

Benda dapat dikatakan stabil apabila benda tersebut jika mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, benda akan kembali pada keadaan semula. Pada peninjauan stabilitas suatu *barge*, pertama-tama harus kita perhatikan tiga buah titik yang memegang peranan penting dalam *naval architecture*, yaitu :

1. Titik G (*Gravity*) adalah titik berat dari *barge*. Titik berat ini sangat dipengaruhi oleh bentuk konstruksi *barge* dan penempatan muatan di atas *barge*.
2. Titik B (*Buoyancy*) adalah titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian *barge* yang tercelup di dalam air. Titik B ini sangat dipengaruhi oleh bentuk badan *barge* di bawah permukaan air. Titik B dapat dicari melalui perhitungan dengan metode *Simpson* atau *Tchebycheff* dengan menggunakan bentuk rencana garisnya.
3. Titik M (*Metacentre*) ialah titik perpotongan vektor gaya tekan ke atas pada keadaan seimbang (*even keel*) dengan vektor gaya tekanan ke atas pada sudut oleng/trim $\Delta\phi$ kecil ($<6^\circ$) dan untuk memudahkan dalam perhitungan titik M ini dapat dianggap berada pada satu titik (tetap).



Gambar 2.6 *Barge* saat mengalami oleng/heel pada sudut $\Delta\phi$

Untuk *barge* yang dalam keadaan seimbang titik titik G dan B harus satu garis vertikal terhadap garis air dan besarnya gaya berat *barge* sama dengan gaya tekanan ke atas (gaya *buoyancy*).

Untuk *barge* yang mengalami kemiringan baik oleng maupun trim yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar dengan anggapan bahwa titik G tidak mengalami perubahan, maka titik B akan berpindah letaknya hal ini disebabkan karena bentuk bagian bawah *barge* yang ada dalam air akan mengalami perubahan. Untuk *barge* yang oleng, B akan berpindah menjadi B_ϕ pada bidang melintang *barge* sedangkan untuk trim B akan berpindah menjadi B_ϕ pada bidang memanjang *barge*.

2.2.7.1 Pemindahan Muatan di Atas *Barge*

Pada pemindahan muatan perlu diperhatikan bahwa, *barge* berdiri tegak dan dalam keadaan seimbang stabil sehingga tinggi metacentrenya selalu positif. Berat benda yang dipindahkan harus jauh lebih kecil dari *displacement barge*nya, demikian juga olengan atau trim akibat pemindahan ini tidak akan

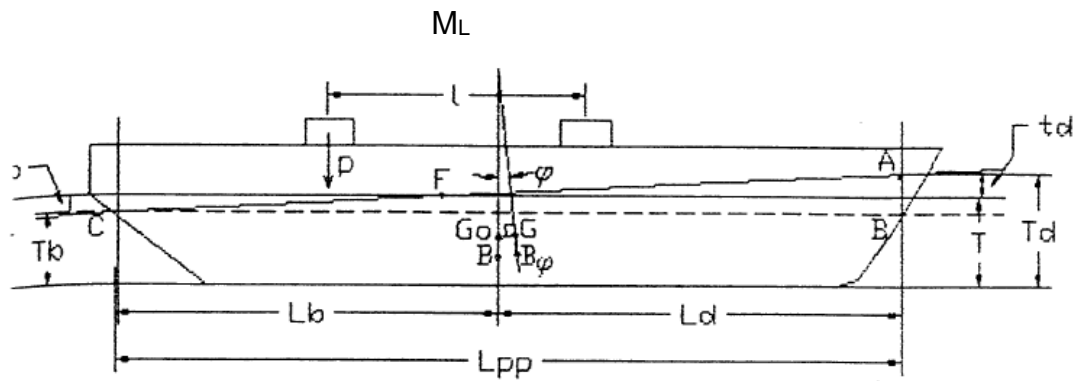
melebih dari 6° , sehingga kita selalu dapat menggunakan titik metacentre awal.

2.2.7.2 Pemindahan Datar Memanjang.

Benda seberat p yang ada pada sebuah *barge* akan dipindahkan datar (horizontal) memanjang *barge*. Jarak pemindahan ini adalah sejauh i , maka titik berat *barge* akan berpindah dari ke titik G sejauh x , di mana $x \ll l$, menurut teori mekanika berlaku perbandingan :

$$x : l = p : P \quad \text{atau} \quad x = \frac{pl}{P}$$

Dimana $P = \text{displacement}$ kapal termasuk p



Gambar 2.7 *Barge* mengalami *trim* karena pemindahan muatan datar memanjang

Dalam hal ini ternyata bahwa letak titik B terhadap titik berat yang baru setelah terjadi penggeseran yang baru, yaitu G' bukan merupakan garis vertikal lagi. Ini berarti bahwa *barge* keseimbangannya terganggu, gangguan keseimbangan ini akan terus berlangsung sampai garis yang melalui B dan G merupakan garis yang vertikal kembali terhadap garis air yang baru. Sarat depan (T_d) dan sarat belakang (T_b) dari garis air yang baru ini tidak sama atau dengan kata lain pada *barge* ini terjadi *trim*, dimana sarat tersebut dapat dicari sebagai berikut :

$$\text{Lihat segitiga } M_L G G_0 : \text{tg } \Delta\varphi = \frac{x}{M_L G} \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Dengan memasukkan harga } x, \text{ tg } \Delta\varphi = \frac{pl}{M_L GP} \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

Lihat segitiga ABC : $\text{tg } \Delta\varphi = \frac{AB}{BC} = \frac{t}{L_{pp}} \dots\dots\dots(2.24)$

Bila kedua persamaan tersebut disamakan, maka didapat :

$$t = L_{pp} \frac{pl}{PM_L G} \dots\dots\dots(2.25)$$

dimana :

t = *trim* = perbedaan *trim* depan dan belakang.

t = $t_b + t_i$

t_d = Perbedaan *trim* depan.

t_b = Perbedaan *trim* belakang.

Karena *trim* yang terjadi ini tidak begitu besar, maka dapat dianggap bahwa garis air yang baru W'L', masih melalui titik *centre of floatation* (LCF) dari garis air mula-mula WL, dimana jarak titik F ke AP disebut L_b dan jarak titik F ke FP disebut L_d .

Dengan jalan yang sama di atas dapat diturunkan rumus :

$$t_b = L_b \frac{pl}{PM_L G} \quad \text{dan} \quad t_d = L_d \frac{pl}{PM_L G} \dots\dots\dots(2.26)$$

Maka sarat yang baru setelah mengalami pemindahan muatan adalah :

$$\begin{aligned} T_b &= T \pm t_b && (+ \text{ untuk } trim \text{ ke belakang}) \\ &&& (- \text{ untuk } trim \text{ ke depan}) \\ T_d &= T \pm t_d && (+ \text{ untuk } trim \text{ ke depan}) \\ &&& (- \text{ untuk } trim \text{ ke belakang}) \end{aligned}$$

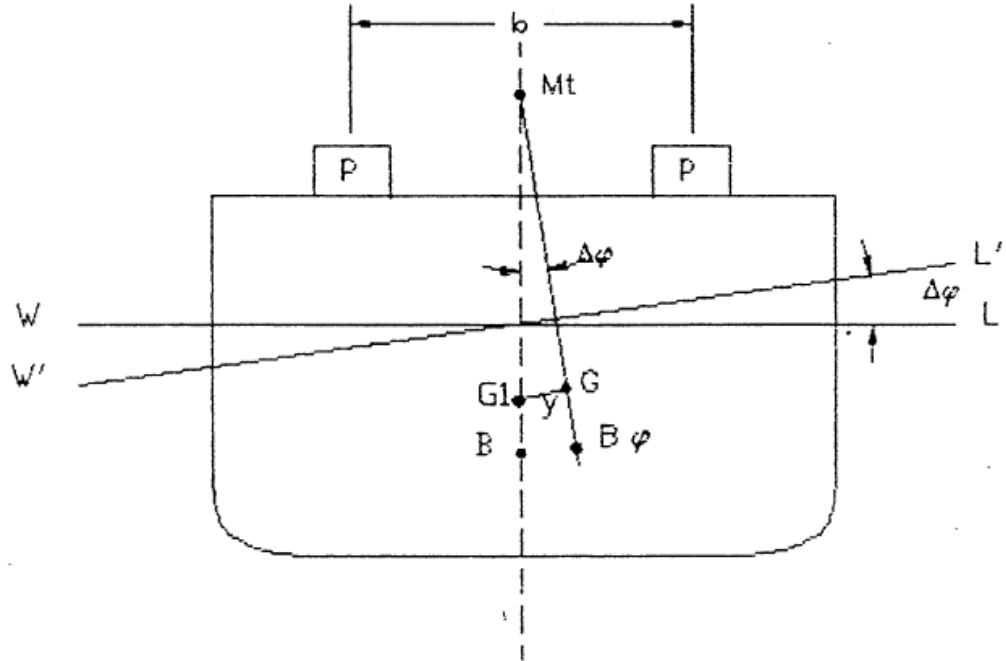
2.2.7.3 Pemindahan Datar Melintang

Benda p yang berada pada sebuah kapal dipindahkan datar melintang sejauh b . Demikian juga untuk ini maka titik berat kapal G_O akan berpindah ke titik G' sejauh y , di mana $b \parallel y$.

Dengan pergeseran ini berlaku perbandingan :

$$y : b = p : P \quad \text{atau} \quad y = \frac{pb}{P} \dots\dots\dots(2.27)$$

Karena perbandingan titik berat *barge* oleh perpindahan, maka *barge* akan seimbang kembali setelah $B\phi$ satu garis vertikal lagi dengan titik G terhadap garis air yang baru $W'L'$.



Gambar 2.8 *Barge* mengalami *heel* karena pemindahan muatan datar melintang

Dari segitiga $M_T G G_0$: $\text{tg } \Delta\phi = \frac{y}{M_T G}$ (2.28)

Dengan memasukkan harga y , $\text{tg } \Delta\phi = \frac{pb}{PM_T G}$ (2.29)

2.2.7.4 Pengaruh Muatan Cair

Pada kapal-kapal tanker/*barge* yang memiliki *ballast*, luas permukaan cairan bebas mempunyai pengaruh penting terhadap stabilitas kapal, karena permukaan zat cair yang bebas mempunyai momen inersia yang langsung mempengaruhi tinggi Metasentra. Dengan bergesernya muatan zat cair pada waktu kapal oleng, maka titik berat cairan ini akan ikut bergeser. Perpindahan ini akan mengakibatkan pula pergeseran mekanika terutama terhadap titik berat kapal secara keseluruhan dan akan mempengaruhi stabilitas kapal. Hal ini akan sangat terasa bila luas permukaan bebas cairan tadi relatif besar.

Menurut rumus pergeseran dari teori mekanika, maka titik berat G akan bergeser ke $G \Delta \phi$ dan akan sejajar dengan $f \cdot f \Delta \phi$. Pergeseran ini menimbulkan suatu perbandingan sebagai berikut :

$$G G \Delta \phi : f f \Delta \phi = P : p \dots\dots\dots(2.30)$$

Dalam hal ini P adalah berat kapal keseluruhan (termasuk muatan cair), sedang p adalah berat muatan zat cair, dan $G \Delta \phi$ merupakan titik berat kapal setelah terjadi oleng.

Dengan adanya muatan cair yang mempunyai permukaan bebas ini, maka tinggi MG mengecil menjadi MG' , sehingga :

$$GG' = MG - GG' \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\text{Maka didapat } mf : GG' = f f \Delta \phi = P : p \dots\dots\dots(2.32)$$

$$GG' = \frac{p \cdot mf}{p} \text{ sedang } mf = \frac{i}{V} \text{ dan } p = \gamma' \cdot V \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\text{Maka : } GG' = \frac{\gamma' i}{\gamma \cdot V} \dots\dots\dots(2.34)$$

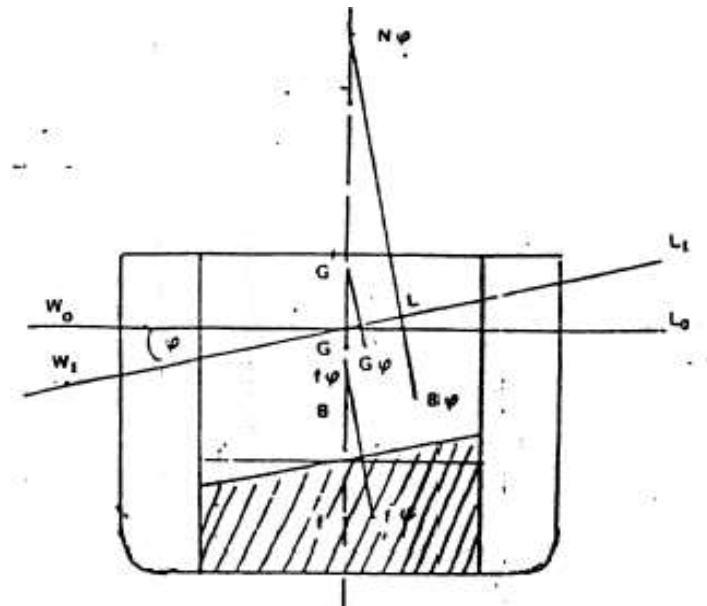
Keterangan : $\gamma' =$ berat cair zat jenis yang dimuati

$\gamma =$ berat jenis air laut

$V =$ volume zat cair

$v =$ volume *displacement* kapal

$i =$ momen inersia permukaan zat cair waktu tegak yang melalui titik berat



Gambar 2.9 Pengurangan tinggi metasentra oleh pengaruh muatan cair.

2.2.7.5 Kurva Hidrostatik (*Hydrostatic Curve*)

Kurva hidrostatik adalah kurva yang menunjukkan karakteristik badan kapal (*barge*) yang terbenam di dalam air di mana kurva-kurva ini digambarkan pada berbagai sarat kapal (*barge*). Pembagian sarat untuk daerah dasar biasanya dibuat setiap 1/2 meter, baru kemudian setiap 1 meter sampai pada sarat kapalnya.

Kurva-kurva yang digambarkan pada kurva hidrostatik itu masing-masing adalah :

- *Displacement moulded & extrem (including shell).*
- KB = *Centre Of Buoyancy above Keel.*
- B = *Longitudinal Centre of Buoyancy.*
- KMT = *Tranverse Metacentre above Keel.*
- KML = *Longitudinal Metacentre above Keel.*
- LCF = *Longitudinal Centre of Floatation.*
- WSA = *Wetted Surface Area.*
- WPA = *Water Plane Area.*
- TPI = *Ton Per Centimeter Imerssion.*
- MTC = *Momen To Cange Trim One Centimeter.*

- DDT = *Displacement Due To Trim One Centimeter*.
- TBM = *Tranverse Metacentre Above Centre of Buoyancy*.
- LBM = *Longitudinal Metacentre above Centre of Buoyancy*.
- Cb, Cp, Cm = Masing-masing *Block, Prismatic dan Midship Coefficient*.

2.2.7.6 Kurva Pasang (*Tide Curve*)

Fenomena pasang (naik atau surut) terjadi karena perairan di bumi mendapat gaya tarik dari bulan matahari atau planet-planet lainnya. Karena periode putaran dari gaya penyebab pasang tersebut telah diketahui, maka selang pasang yang terjadi di suatu tempat di dunia ini dapat diprediksi untuk 2 atau 3 tahun di muka.

Pengumpulan data pasang, penganalisaan, dan prediksinya telah dilakukan oleh badan-badan tertentu untuk memberikan jasa informasi tentang keadaan pasang di suatu tempat. Dan ini menjadi lebih penting dengan semakin banyaknya pekerjaan kelautan yang operasinya memerlukan informasi data pasang surut.

Untuk operasi *launching* juga memerlukan data pasang surut yang terjadi pada hari akan diadakannya *launching*. Informasi keadaan pasang pada hari tersebut digunakan untuk merencanakan sistem *ballast*. Perencanaan sistem *ballast* yang akurat sangat diperlukan dalam analisa *launching*.

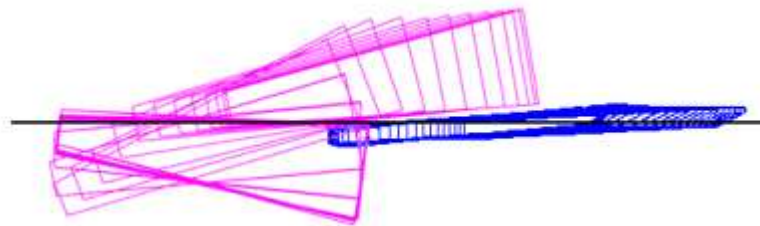
2.2.8 Analisa *Ballast*

Analisa *ballast* akan mengambil manfaat dari variasi pasang yang tersedia pada saat dilaksanakan *launching*. Manfaat tersebut adalah untuk membantu mengkompensasi beban *jacket* yang harus disangga *barge*. Untuk itu proses *launching* biasanya dimulai pada saat pasang terendah. Variasi pasang yang diperlukan disini juga dibuat sehubungan dengan persyaratan untuk menyesuaikan dengan laju dari gerakan *launching* dan kapasitas pompa *ballast*.

Dalam pembahasan mengenai analisa *ballast* akan banyak berkaitan dengan istilah-istilah dalam teori bangunan kapal. Untuk itu, berikut ini akan dibahas terlebih dahulu mengenai dasar-dasar teori bangunan kapal terutama stabilitas *barge* dan pemindahan muatan di atas *barge*. Karena hal ini akan mempermudah pemahaman dalam analisa *ballast*.

2.2.9 Launching Jacket

Launching adalah tahap terakhir dalam pembangunan *offshore structure*. Untuk struktur yang besar atau struktur tersebut diluar kapasitas alat angkat yang ada. Struktur akan diluncurkan dari atas *barge*, dimana kemiringan *barge* diatur sedemikian rupa sehingga struktur bisa meluncur sesuai dengan prosedur yang dibuat. Hal yang harus diperhatikan adalah kontrol *ballast* pada *barge* yang membuat struktur meluncur. Setelah berada di laut, struktur di luruskan secara vertikal dengan alat angkat.



Gambar 2.10 Proses *Launching Jacket* (Ultramarine, 2001)

Tahapan *Launching Jacket*

1. Proses *ballasting* kapal

Kapal diatur kemiringan nya dengan proses *ballasting* agar sudut trim kapal dikondisikan 2 sampai 4 derajat dimana stuktur tidak meluncur karena beratnya sendiri.



Gambar 2.11 *Ballasting Jacket* (Ultramarine, 2001)

2. Peluncuran *Jacket*

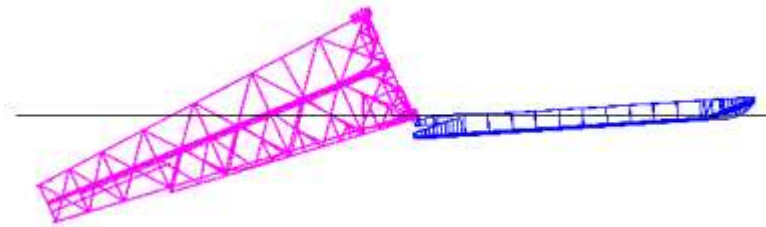
Dengan selalu mengatur ballasting, selanjutnya *jacket* meluncur sepanjang skidway hingga *jacket* mengalami “tipping”.



Gambar 2.12 *Jacket Tipping* (Ultramarine, 2001)

3. *Jacket* berotasi dan meluncur sampai terpisah dari barge.

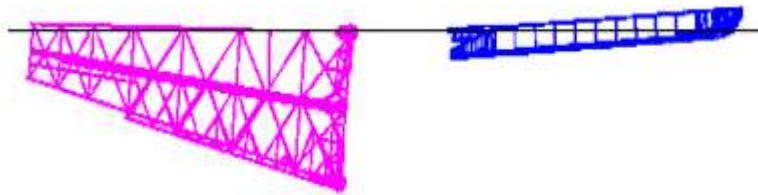
Jacket akan terus meluncur dan akan berotasi sampai terpisah dari barge.



Gambar 2.13 *Jacket* terpisah dari Barge (Ultramarine, 2001)

4. *Jacket* mengapung

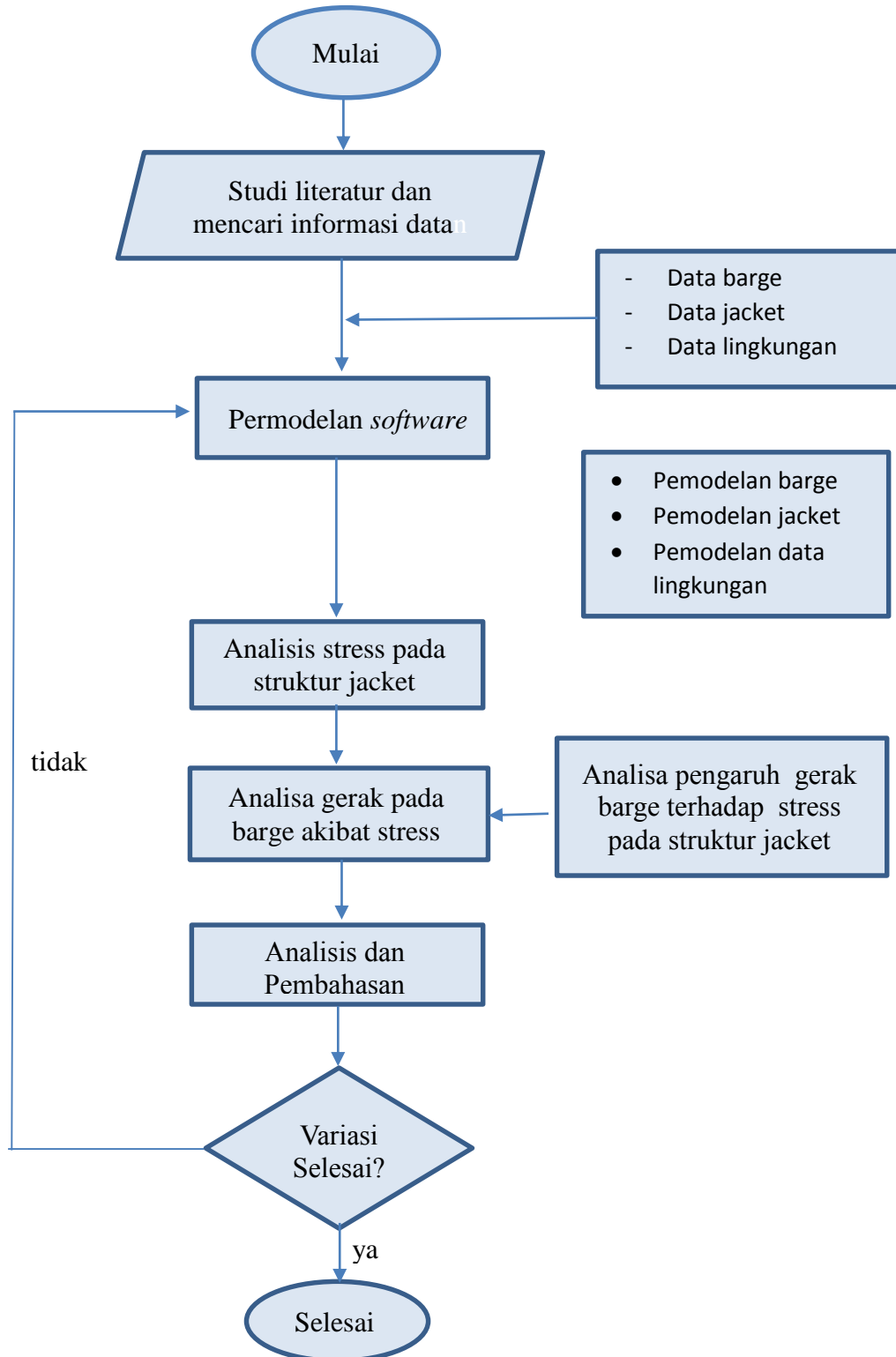
Jacket akan sepenuhnya terpisah dari barge dan mengapung dengan daya apungnya sendiri.



Gambar 2.14 *Jacket Floating* (Ultramarine, 2001)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap yang perlu dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

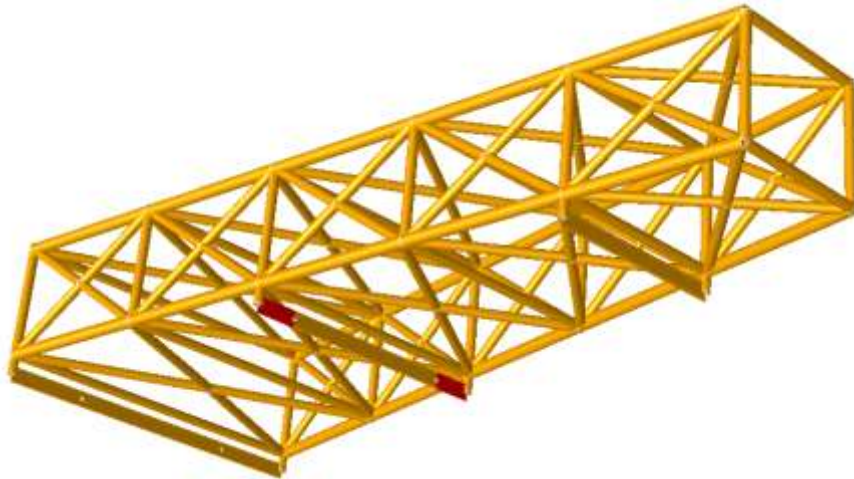
1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari, mempelajari, serta memahami paper, jurnal, dan buku-buku yang berkaitan dengan tema penelitian yang dilakukan. Selain itu juga mempelajari *software* SAC, dan MOSES.

2. Mencari informasi data.

Data-data yang dikumpulkan dan dikelompokkan sebagai bahan pembuat tugas akhir ini antara lain :

1. Data struktur jacket yang diambil dari Tugas Rancang Besar III.



Gambar 3.2 Desain Jacket Struktur TRB III

Dimensi Jacket sebagai berikut

Panjang Jacket : 60.747 m

Lebar Jacket : 25.240 m

2. Data Barge menggunakan BOA Barge 21-22 disesuaikan dengan Tugas Rancang Besar III.

Data Barge Sebagai berikut

DATA BARGE BOA 21-22

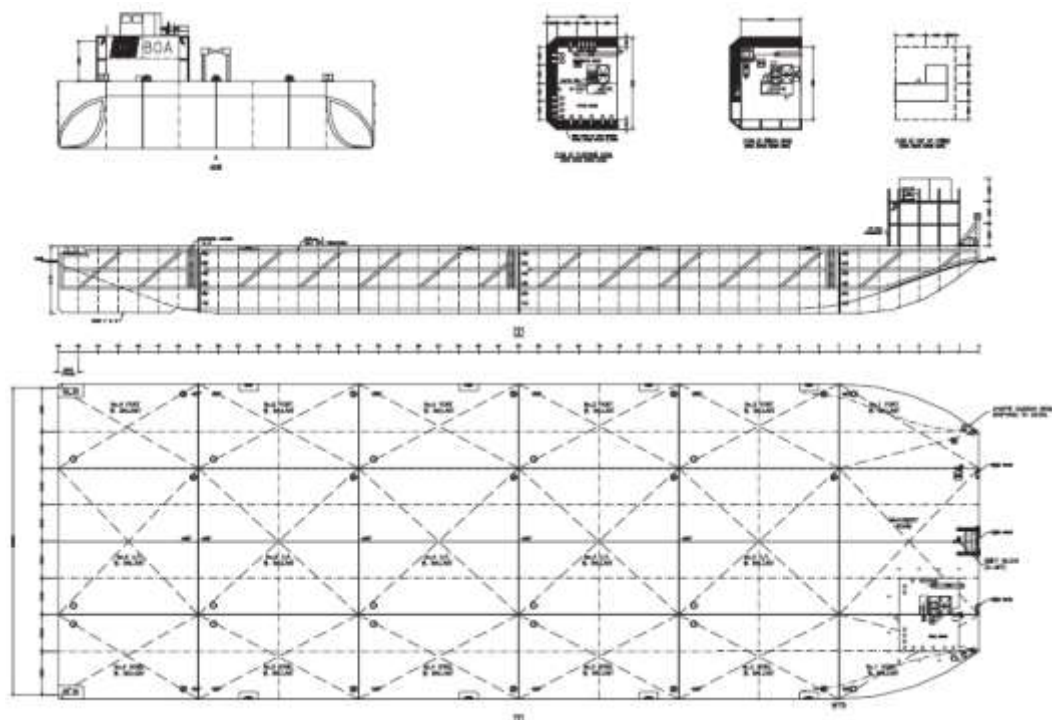
Length	=	92	m
Breadth	=	31.5	m
Depth	=	6.71	m
Draught	=	5.3	m
Deck area	=	2700	m ²
Deck strength	=	20	ton/m²
Frame spacing	=	2	m

Dengan COG Barge sebagai Berikut:

X = -0.45 ft (dari *midship*)

Y = 0 ft (dari *midship*)

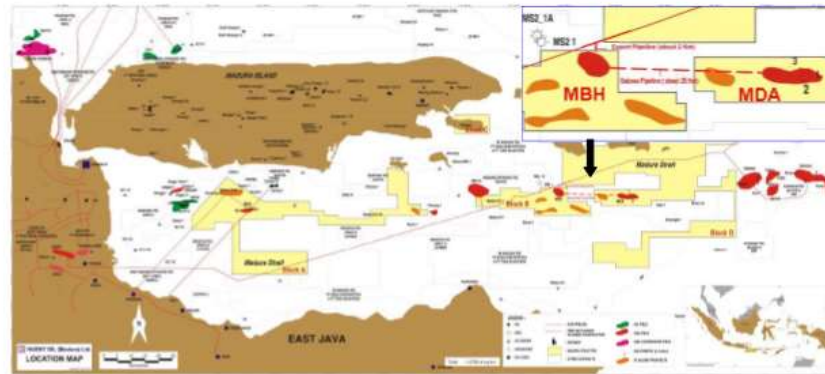
Z = 4.762 ft (dari *keel*)



Gambar 3.3 Layout BOA Barge 21-22

3. Data *Metaocean* Lokasi Operasi

Pada tugas akhir ini digunakan lokasi operasi di Selat Madura, Jawa Timur, Indonesia. Data *metaocean* yang dibutuhkan antara lain kecepatan angin dengan kala ulang 1 tahunan, tinggi dan periode gelombang 1 tahunan dan kecepatan arus 1 tahunan. Kedalaman dari perairan Selat Madura adalah 109 m (HAT-Seabed).



Gambar 3.4 Peta Lokasi Operasi di Selat Madura

Tabel 3.1 Data *Metaocean* angin dan gelombang

Wave Data			Wind
1-year			1-year
Hs (m)	Tu (m)	Tp (m)	V (m/s)
2.68	5.46	7.03	25.86

Tabel 3.2 Data *Metaocean* Arus Laut

Current Data	
% of depth (m)	1-year
	Velocity (m/s)
0	1.0839
10	1.0437
20	1.0058
30	0.9598
40	0.9089
50	0.8472
60	0.785
70	0.7176
80	0.6604
90	0.6792
100	0.593

4. Permodelan *software*

Permodelan Struktur Jacket dilakukan dengan SACS lalu dikonversi ke MOSES. Untuk dilakukan analisa selanjutnya menggunakan MOSES.

5. Analisa

a. Analisa Stress pada strutur jacket

Analisa stress yang dilakukan dihitung pada setiap tahapan pada saat proses peluncuran jacket.

b. Analisa gerakan barge akibat stress yang terjadi

Analisa gerakan barge dilakukan dengan menggunakan MOSES.

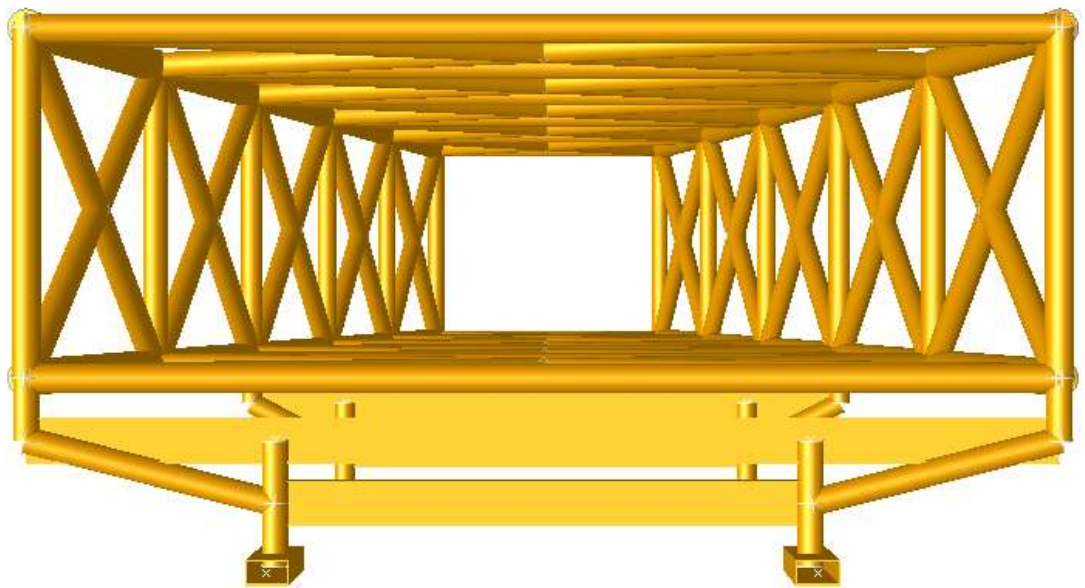
6. Kesimpulan hasil analisa

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

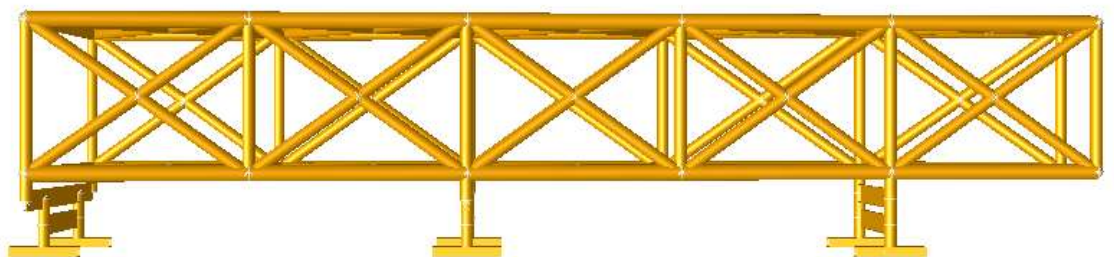
IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Jacket

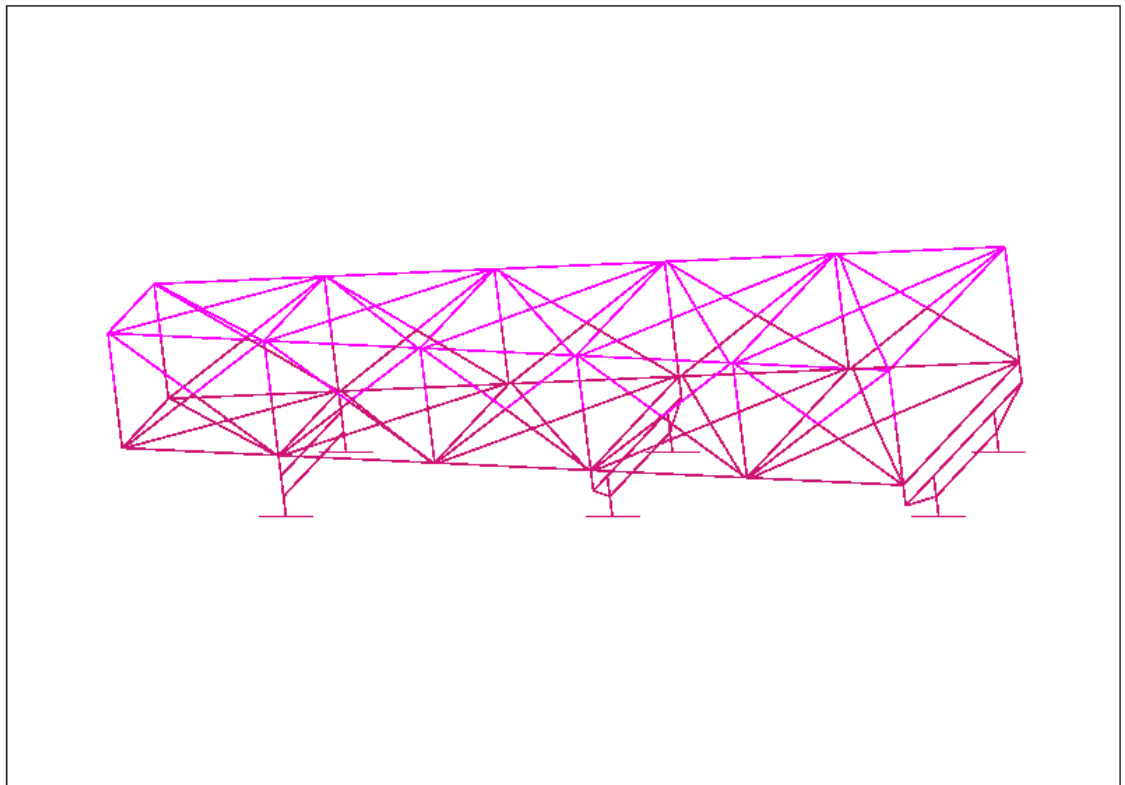
Dalam melakukan pemodelan, data jacket struktur diambil pada hasil rancangan pada Tugas Besar 3. Pemodelan struktur jacket menggunakan software SACS 5.7. Kemudian model dikonversi kedalam software MOSES.



Gambar 4.1 Desain jacket (SACS) tampak belakang



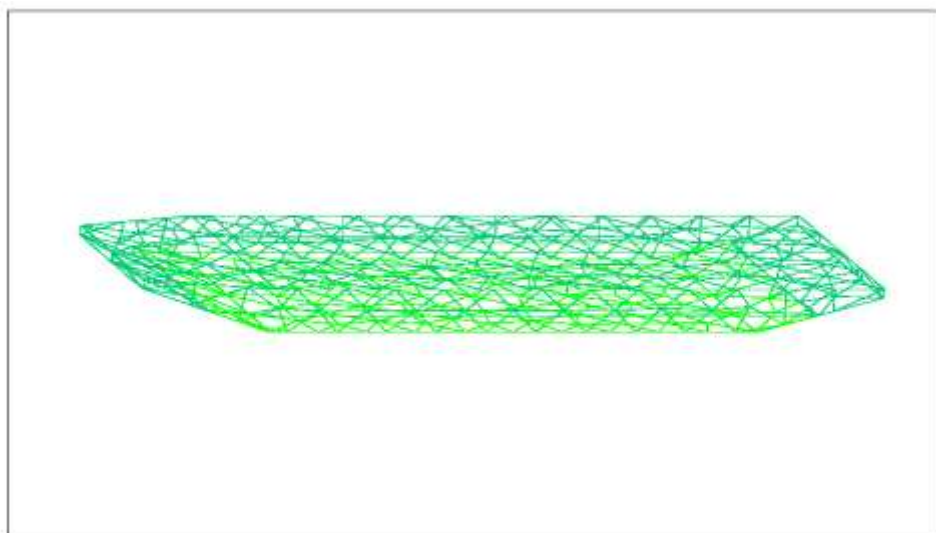
Gambar 4.2 Desain jacket (SACS) tampak samping



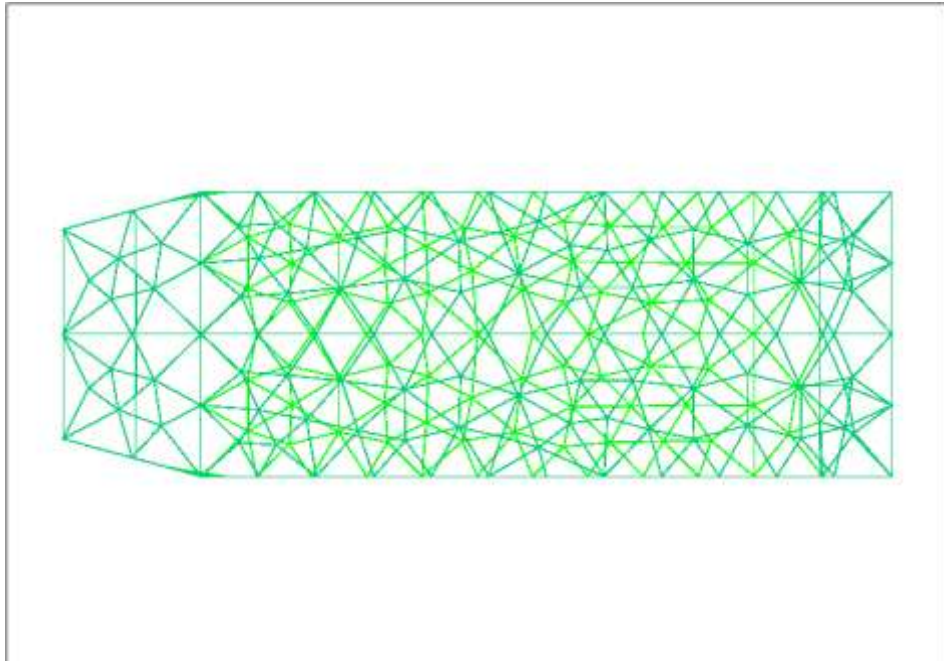
Gambar 4.3 Desain jacket (MOSES) tampak isometri

4.2 Pemodelan Barge

Dalam melakukan pemodelan, data barge mengacu pada data barge yang terdapat pada Tugas Besar 3. Pemodelan barge dilakukan dengan menggunakan software MOSES.



Gambar 4.4 Desain kapal (MOSES) tampak isometri



Gambar 4.5 desain kapal (MOSES) tampak atas

4.3 Analisa RAO Barge

Response Amplitude Operators didapat dari gaya reaksi dalam fungsi frekuensi dibagi dengan amplitudo gelombang reguler..

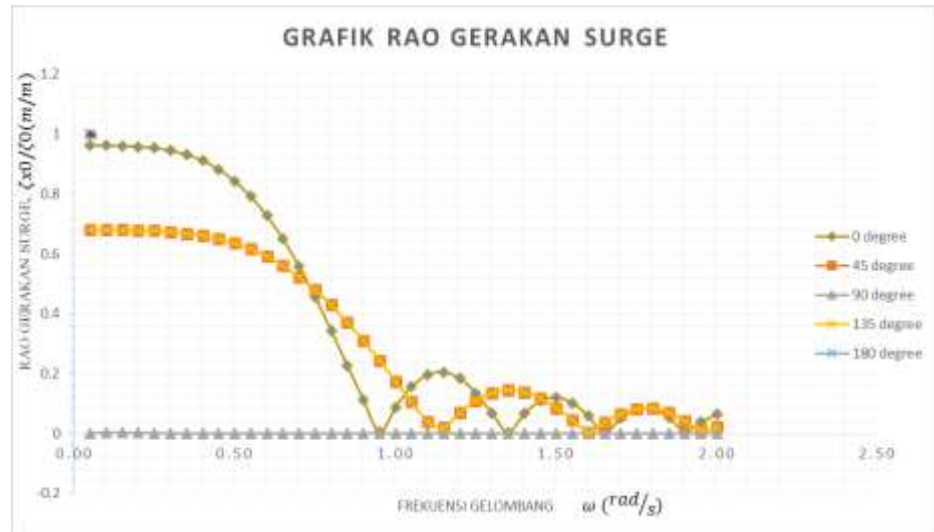
4.3.1 Analisa RAO Barge Posisi 1

Response Amplitude Operators pada posisi 1 dimana jacket berada pada 20 meter dari depan kapal.

4.3.1.1 Analisa RAO Surge

Karakteristik RAO *surge* pada barge ditunjukkan pada Gambar 1.1. Meninjau pada Gambar 1.1 terlihat bahwa RAO surge didominasi oleh propagasi gelombang dari arah haluan (0 derajat dan 180 derajat) ; serta arah seperempat haluan (45 derajat dan 135 derajat).

Karakteristik RAO surge untuk arah haluan dan seperempat haluan memiliki tren bentuk yang serupa, yaitu memiliki tren RAO surge yang menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang dengan . Puncak pertama memiliki besaran RAO tertinggi kemudian puncak lainnya memiliki besaran RAO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan puncak pertama. Terlihat pada Gambar 1.1, puncak pertama, kedua, terjadi pada frekuensi sekitar 0.05, 1.15, dan 1.5 rad/s (0 derajat dan 180 derajat) juga terjadi pada frekuensi sekitar 0.05, 1.35, 1.8 rad/s (45 derajat dan 135 derajat).



Gambar 4.6 Grafik RAO surge pada Barge posisi

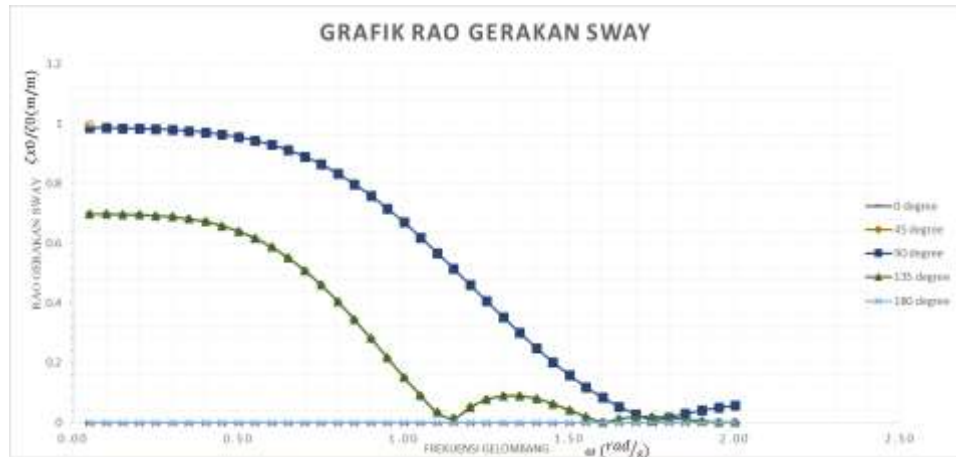
Tabel 4.1 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan surge

Karakteristik gerakan surge									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))	RAO (m/r ω(rad/s))
0.962	0.05	0.68	0.05	0.003	0.1	0.68	0.05	0.962	0.05

4.3.1.2 Analisa RAO Sway

Karakteristik RAO *sway* pada barge ditunjukkan pada Gambar 1.2. Meninjau pada Gambar 1.2 terlihat bahwa RAO *sway* didominasi oleh propagasi gelombang dari arah haluan (90 derajat dan 270 derajat) ; serta arah seperempat haluan (45 derajat dan 135 derajat,).

Karakteristik RAO *sway* untuk arah haluan dan seperempat haluan memiliki tren bentuk yang serupa, yaitu memiliki tren RAO *sway* yang menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang dengan . Puncak pertama memiliki besaran RAO tertinggi kemudian puncak lainnya memiliki besaran RAO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan puncak pertama. Terlihat pada Gambar 1.2, puncak pertama maupun kedua terjadi pada frekuensi sekitar 0.05 dan 2 rad/s (90 derajat) juga terjadi pada frekuensi sekitar 0.05 dan 1.25 rad/s (45 derajat dan 135 derajat)..



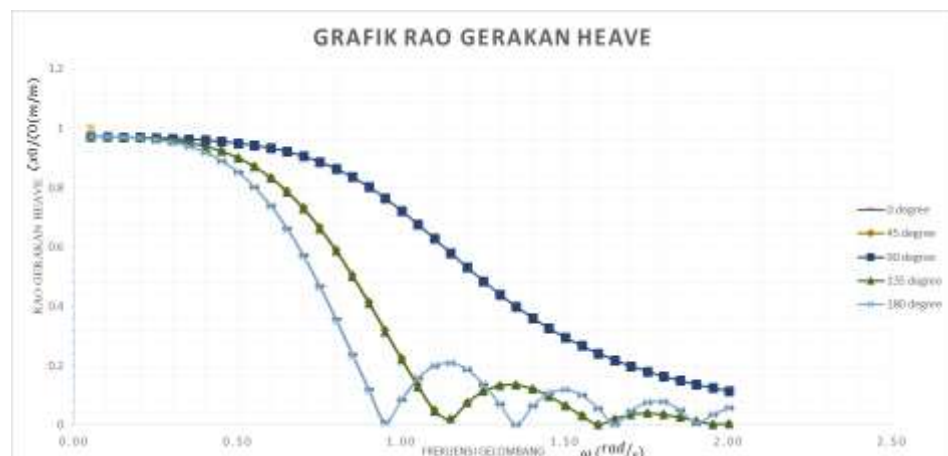
Gambar 4.7 Grafik RAO sway pada Barge

Tabel 4.2 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan sway

Karakteristik gerakan sway									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/r)ω(rad/s)		RAO (m/r)ω(rad/s)		RAO (m/r)ω(rad/s)		RAO (m/r)ω(rad/s)		RAO (m/r)ω(rad/s)	
0	0.05	0.697	0.05	0.986	0.5	0.697	0.05	0	0.05

4.3.1.3 Analisa RAO Heave

Karakteristik RAO *heave* memiliki tren yang bergerak menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang dengan . Puncak pertama memiliki besaran RAO tertinggi kemudian puncak lainnya memiliki besaran RAO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan puncak pertama. Terlihat pada Gambar 1.3, puncak pertama, kedua, terjadi pada frekuensi sekitar 1.15, 1.5, dan 1.8 rad/s (180 derajat) juga terjadi pada frekuensi sekitar 1.15 dan 1.75 rad/s (45 derajat dan 135 derajat).



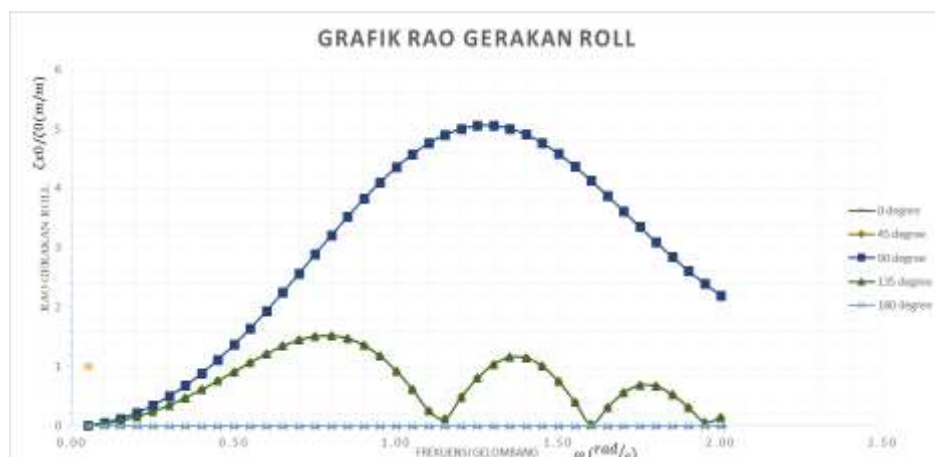
Gambar 4.8 Grafik RAO heave pada Barge

Tabel 4.3 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan heave

Karakteristik gerakan heave									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°	45°	90°	135°	180°					
RAO (m/m) ω (rad/s)	RAO (m/m) ω (rad/s)	RAO (m/r) ω (rad/s)	RAO (m/r) ω (rad/s)	RAO (m/r) ω (rad/s)					
0.971	0.05	0.971	0.05	0.971	0.05	0.971	0.05	0.971	0.05

4.3.1.4 Analisa RAO Roll

Karakteristik RAO roll pada barge dapat dilihat pada Gambar 1.4. Meninjau pada Gambar 1.4 tren RAO roll yang berbeda dari gerakan translasi. RAO roll memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



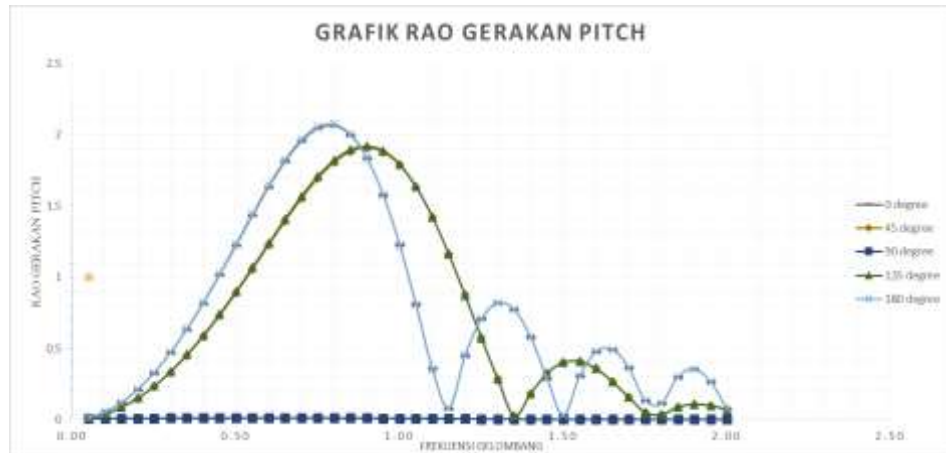
Gambar 4.9 Grafik RAO roll pada Barge

Tabel 4.4 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan roll

Karakteristik gerakan roll									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°	45°	90°	135°	180°					
RAO (deg) ω (rad/s)	RAO (deg) ω (rad/s)	RAO (deg) ω (rad/s)	RAO (deg) ω (rad/s)	RAO (deg) ω (rad/s)					
0	0.05	1.521	0.8	5.058	1.25	1.522	0.05	0	0.05

4.3.1.5 Analisa RAO Pitch

Karakteristik RAO pitch pada barge dapat dilihat pada Gambar 1.5. Meninjau pada Gambar 1.5 tren RAO pitch memiliki kemiripan dengan tren pada RAO Roll. RAO pitch memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



Gambar 4.10 Grafik RAO pitch pada Barge

Tabel 4.5 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan pitch

Karakteristik gerakan pitch									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg)	ω (rad/s)	RAO (deg)	ω (rad/s)	RAO (deg)	ω (rad/s)	RAO (deg)	ω (rad/s)	RAO (deg)	ω (rad/s)
2.064	0.8	1.909	0.9	0.012	0.5	1.92	0.9	2.073	0.8

4.3.1.6 Analisa RAO Yaw

Karakteristik RAO yaw pada barge dapat dilihat pada Gambar 1.5. Meninjau pada Gambar 1.5 tren RAO yaw memiliki kemiripan dengan tren pada RAO Roll. RAO yaw memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



Gambar 4.11 Grafik RAO yaw pada Barge

Tabel 4.6 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan yaw

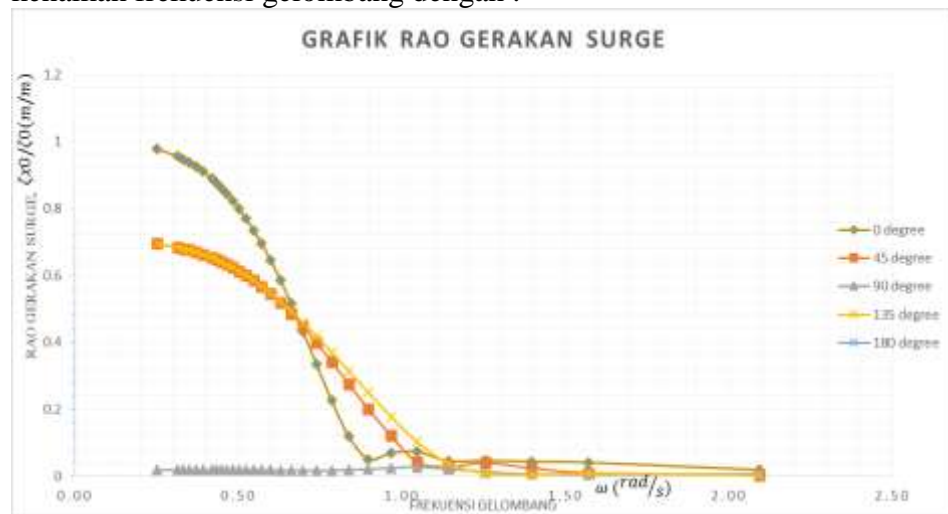
Karakteristik gerakan yaw									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)
0	0.05	0.546	0.85	0.003	0.05	0.546	0.85	0	0.05

4.3.2 Analisa RAO Barge Posisi 2

Response Amplitude Operators pada posisi 2 dimana jacket berada pada 40 meter dari depan kapal.

4.3.2.1 Analisa RAO Surge

Karakteristik RAO *surge* pada barge ditunjukkan pada Gambar 1.1. Meninjau pada Gambar 1.1 terlihat bahwa RAO *surge* didominasi oleh propagasi gelombang dari arah haluan (0 derajat dan 180 derajat) ; serta arah seperempat haluan (45 derajat dan 135 derajat). Karakteristik RAO *surge* untuk arah haluan dan seperempat haluan memiliki tren bentuk yang serupa, yaitu memiliki tren RAO *surge* yang menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang dengan .



Gambar 4.12 Grafik RAO surge pada Barge

Tabel 4.7 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan surge

Karakteristik gerakan surge									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)
0.978	0.25	0.695	0.25	0.027	1.05	0.695	0.25	0.977	0.25

4.3.2.2 Analisa RAO Sway

Karakteristik RAO *sway* pada barge ditunjukkan pada Gambar 1.2. Meninjau pada Gambar 4.13 terlihat bahwa RAO *sway* didominasi oleh propagasi gelombang dari arah haluan (90 derajat dan 270 derajat) ; serta arah seperempat haluan (45 derajat dan 135 derajat,).

Karakteristik RAO *sway* untuk arah haluan dan seperempat haluan memiliki tren bentuk yang serupa, yaitu memiliki tren RAO *sway* yang menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang.



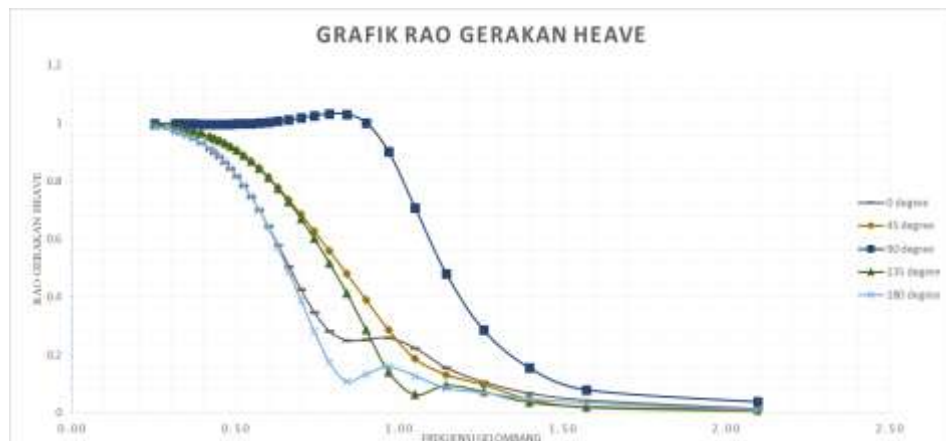
Gambar 4.13 Grafik RAO sway pada Barge

Tabel 4.8 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan sway

Karakteristik gerakan sway									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)
0.002	0.25	0.691	0.25	0.981	0.25	0.691	0.25	0.001	0.25

4.3. 2.3 Analisa RAO Heave

Karakteristik RAO *heave* memiliki memiliki tren yang bergerak menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang yang dapat dilihat pada gambar 4.14..



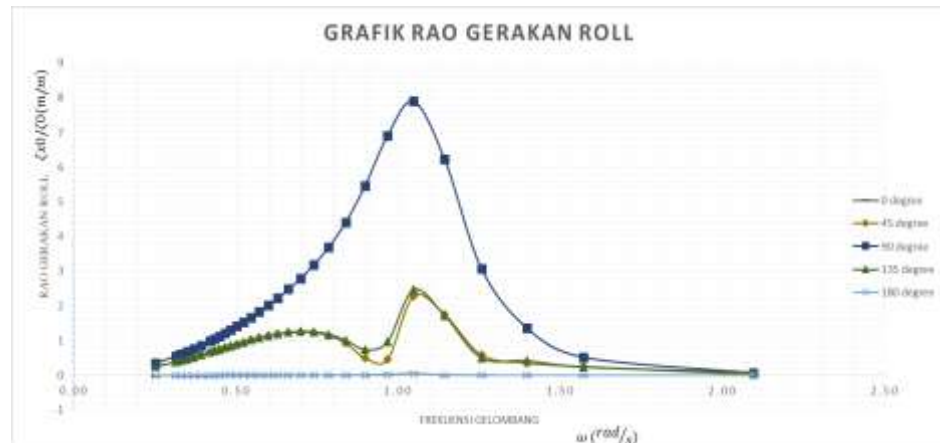
Gambar 4.14 Grafik RAO heave pada Barge

Tabel 4.9 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan heave

Karakteristik gerakan heave									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)	RAO (m/m)	ω(rad/s)
0.988	0.25	0.994	0.25	1.033	0.79	0.994	0.25	0.988	0.25

4.3.2.4 Analisa RAO Roll

Karakteristik RAO roll pada barge dapat dilihat pada Gambar 4.15 tren RAO roll posisi 2 yang berbeda dari gerakan roll posisi 1. RAO roll memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun seiring kenaikan frekuensi.



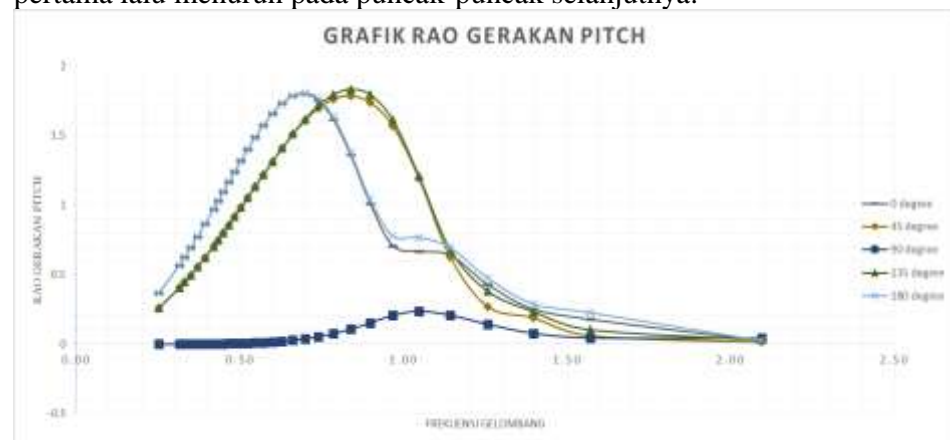
Gambar 4.15 Grafik RAO roll pada Barge

Tabel 4.10 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan roll

Karakteristik gerakan roll									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)
0.044	0.97	2.284	1.05	7.896	0.97	2.464	0.97	0.023	0.97

4.3.2.5 Analisa RAO Pitch

Karakteristik RAO pitch pada barge dapat dilihat pada Gambar 4.16. Meninjau pada Gambar 4.16 tren RAO pitch memiliki kemiripan dengan tren pada RAO Roll. RAO pitch memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



Gambar 4.16 Grafik RAO pitch pada Barge

Tabel 4.11 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan pitch

Karakteristik gerakan pitch									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)
1.801	0.7	1.786	0.74	0.237	0.9	1.834	0.74	1.807	0.7

4.3.2.6 Analisa RAO Yaw

Karakteristik RAO yaw pada barge dapat dilihat pada Gambar 4.17. Meninjau pada Gambar 4.17 tren RAO yaw memiliki kemiripan dengan tren pada RAO Roll. RAO yaw memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



Gambar 4.17 Grafik RAO yaw pada Barge

Tabel 4.12 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan yaw

Karakteristik gerakan yaw									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)
0.001	0.05	0.755	0.85	0.034	0.05	0.748	0.85	0.002	0.05

4.3.2 Analisa RAO Barge Posisi 3

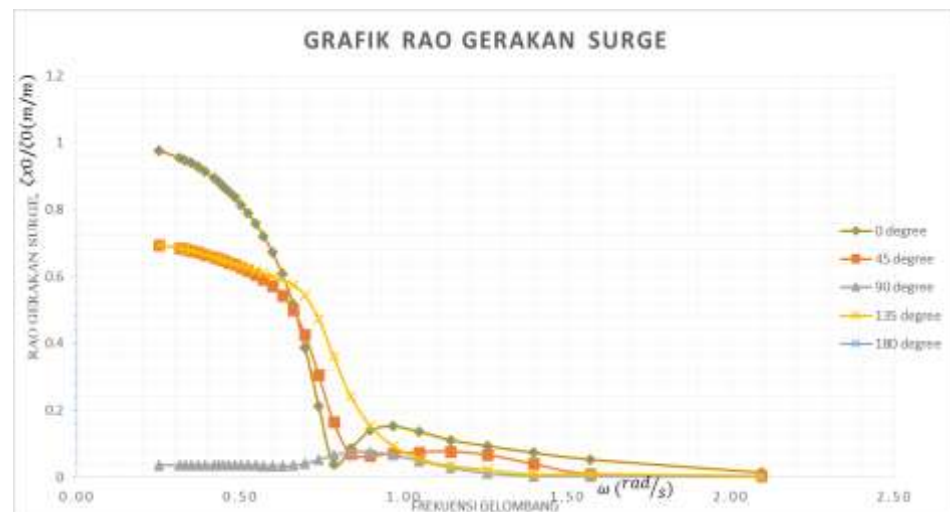
Response Amplitude Operators pada posisi 3 dimana jacket berada pada 60 meter dari depan kapal.

4.3.3.1 Analisa RAO Surge

Karakteristik RAO *surge* pada barge ditunjukkan pada Gambar 4.18. Meninjau pada Gambar 4.18 terlihat bahwa RAO surge didominasi oleh propagasi gelombang dari arah haluan (0 derajat dan 180 derajat) ; serta arah seperempat haluan (45 derajat dan 135 derajat).

Karakteristik RAO surge untuk arah haluan dan seperempat haluan memiliki tren bentuk yang serupa, yaitu memiliki tren RAO surge yang menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang dengan .

Puncak pertama memiliki besaran RAO tertinggi kemudian puncak lainnya memiliki besaran RAO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan puncak pertama.



Gambar 4.18 Grafik RAO surge pada Barge

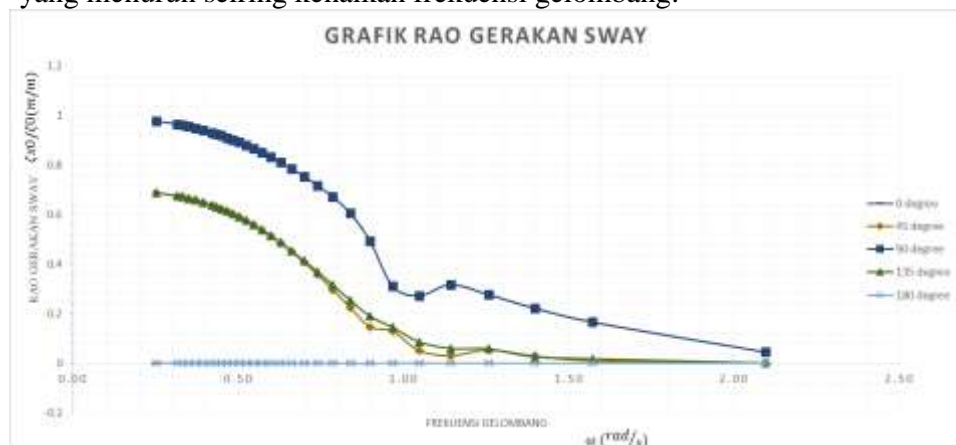
Tabel 4.13 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan surge

Karakteristik gerakan surge									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)
0.976	0.25	0.694	0.25	0.075	0.9	0.694	0.25	0.976	0.25

4.3.3.2 Analisa RAO Sway

Karakteristik RAO *sway* pada barge ditunjukkan pada Gambar 4.19. Meninjau pada Gambar 4.19 terlihat bahwa RAO *sway* didominasi oleh propagasi gelombang dari arah haluan (90 derajat dan 270 derajat) ; serta arah seperempat haluan (45 derajat dan 135 derajat.).

Karakteristik RAO *sway* untuk arah haluan dan seperempat haluan memiliki tren bentuk yang serupa, yaitu memiliki tren RAO *sway* yang menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang.



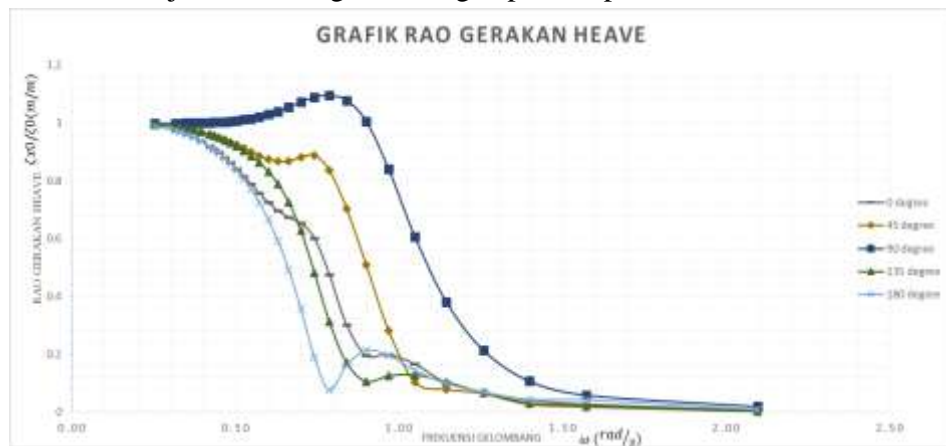
Gambar 4.19 Grafik RAO sway pada Barge

Tabel 4.14 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan sway

Karakteristik gerakan sway									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)
0.001	0.25	0.689	0.25	0.978	0.25	0.689	0.25	0.001	0.25

4.3.3.3 Analisa RAO Heave

Karakteristik RAO *heave* memiliki tren yang bergerak menurun seiring kenaikan frekuensi gelombang dengan . Puncak pertama memiliki besaran RAO tertinggi kemudian puncak lainnya memiliki besaran RAO yang lebih rendah jika dibandingkan dengan puncak pertama.



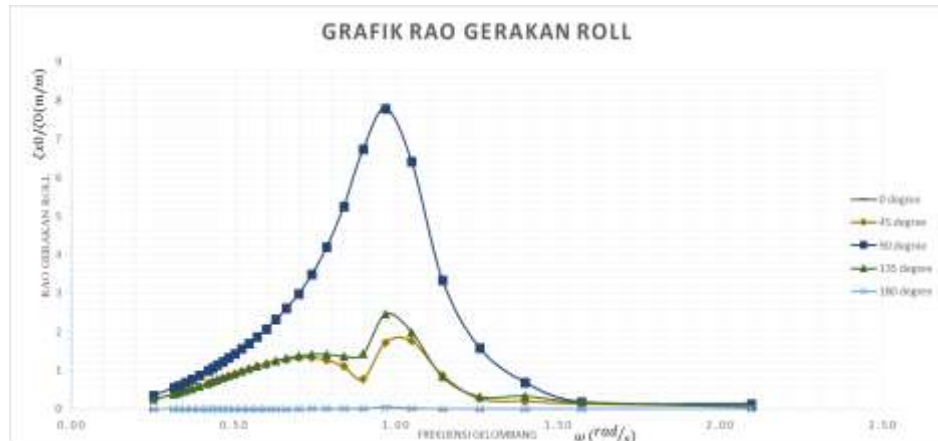
Gambar 4.20 Grafik RAO heave pada Barge

Tabel 4.15 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan heave

Karakteristik gerakan heave									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)	RAO (m/m)	ω (rad/s)
0.989	0.25	0.994	0.25	1.095	0.79	0.994	0.25	0.989	0.25

4.3.3.4 Analisa RAO Roll

Karakteristik RAO roll pada barge dapat dilihat pada Gambar 4.21. Meninjau pada Gambar 4.21 tren RAO roll posisi 3 yang mirip dengan tren RAO roll posisi 2 meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



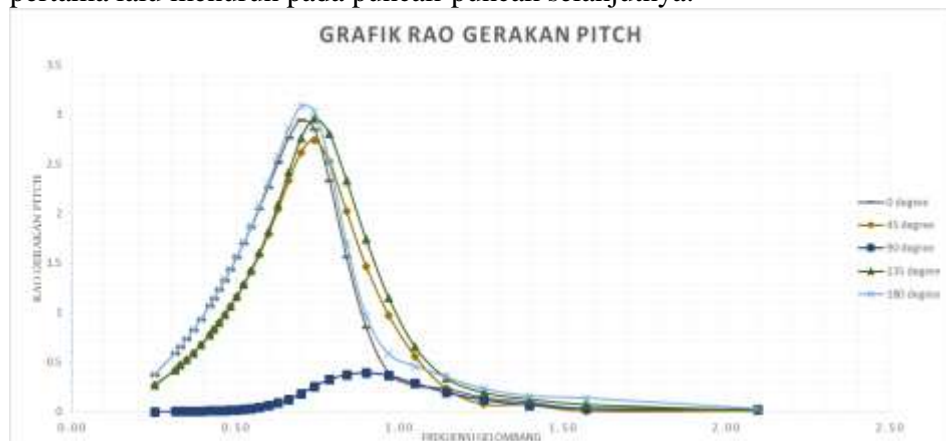
Gambar 4.21 Grafik RAO roll pada Barge

Tabel 4.16 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan roll

Karakteristik gerakan roll									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)
0.042	0.97	1.767	1.05	7.798	0.97	2.461	0.97	0.021	0.97

4.3.3.5 Analisa RAO Pitch

Karakteristik RAO pitch pada barge dapat dilihat pada Gambar 4.22. Meninjau pada Gambar 4.22 tren RAO pitch memiliki kemiripan dengan tren pada RAO Roll. RAO pitch memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



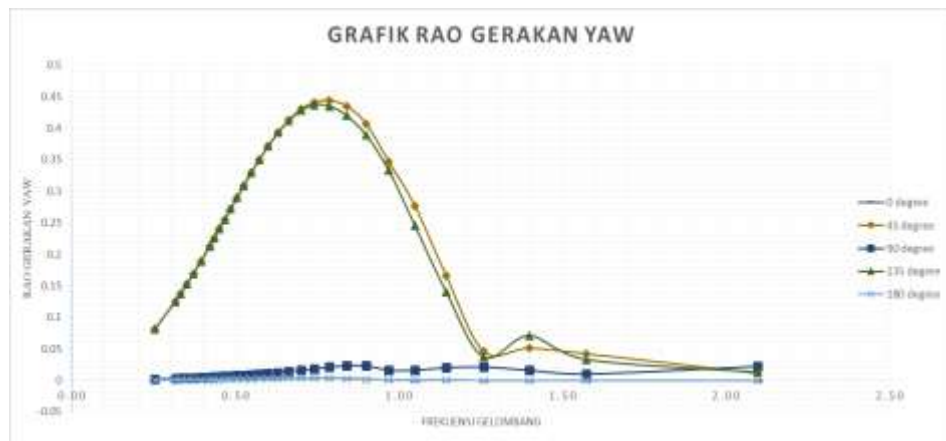
Gambar 4.22 Grafik RAO pitch pada Barge

Tabel 4.17 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan pitch

Karakteristik gerakan pitch									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)	RAO (deg/m)	ω(rad/s)
2.943	0.7	2.741	0.74	0.392	0.9	2.959	0.74	3.081	0.7

4.3.3.6 Analisa RAO Yaw

Karakteristik RAO yaw pada barge dapat dilihat pada Gambar 4.23. Meninjau pada Gambar 4.23 tren RAO yaw memiliki kemiripan dengan tren pada RAO Roll. RAO yaw memiliki tren grafik yang meningkat pada puncak pertama lalu menurun pada puncak-puncak selanjutnya.



Gambar 4.23 Grafik RAO yaw pada Barge

Tabel 4.18 RAO maksimum pada setiap variasi arah gerakan yaw

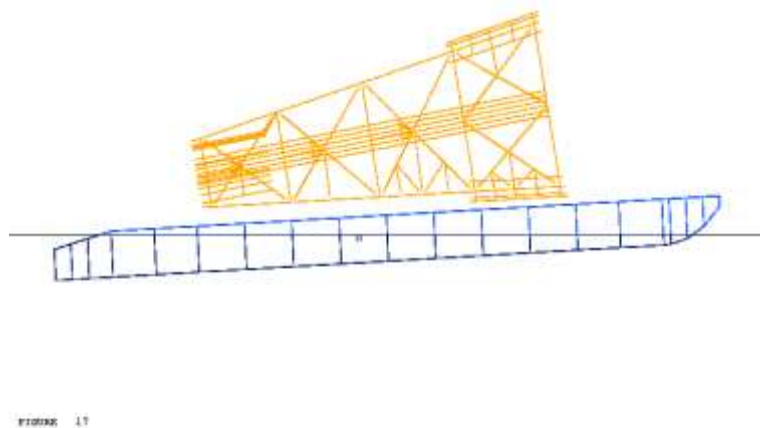
Karakteristik gerakan yaw									
RAO maks berdasarkan arah gelombang									
0°		45°		90°		135°		180°	
RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)	RAO (deg/m)	ω (rad/s)
0.004	0.05	0.444	0.85	0.023	0.05	0.437	0.85	0.004	0.05

4.2 Simulasi Peluncuran Struktur Jacket

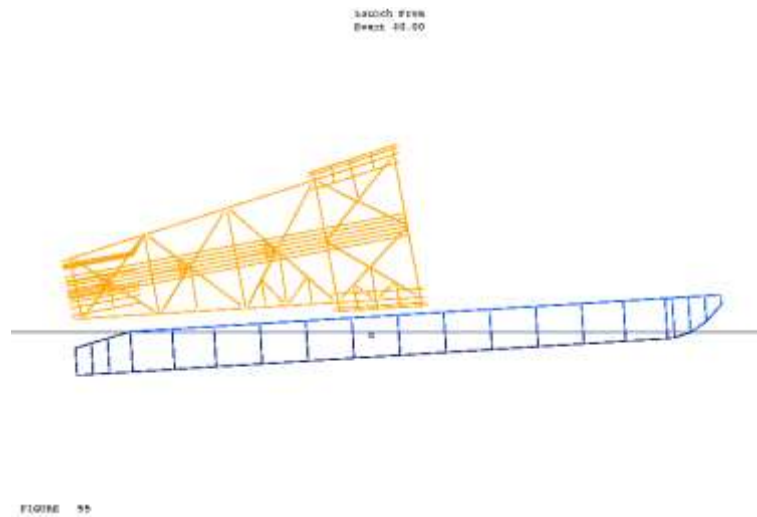
Simulasi peluncuran dilakukan dengan menggunakan software MOSES. Pemodelan jacket yang telah dikonversikan kedalam software MOSES disatukan dengan pemodelan barge. Struktur akan diluncurkan dari atas barge, dimana kemiringan barge diatur sedemikian rupa sehingga struktur bisa meluncur sesuai dengan prosedur yang dibuat. Jacket diluncurkan dengan kondisi lingkungan yang tenang berdasarkan peraturan American Bureau of Shipping (ABS). Peluncuran hingga mengalami tipping terjadi selama 60 detik. Pada simulasi peluncuran ini pada MOSES didapatkan kecepatan pada struktur jacket ketika sedang meluncur.

4.3 Simulasi Peluncuran Struktur *Jacket*

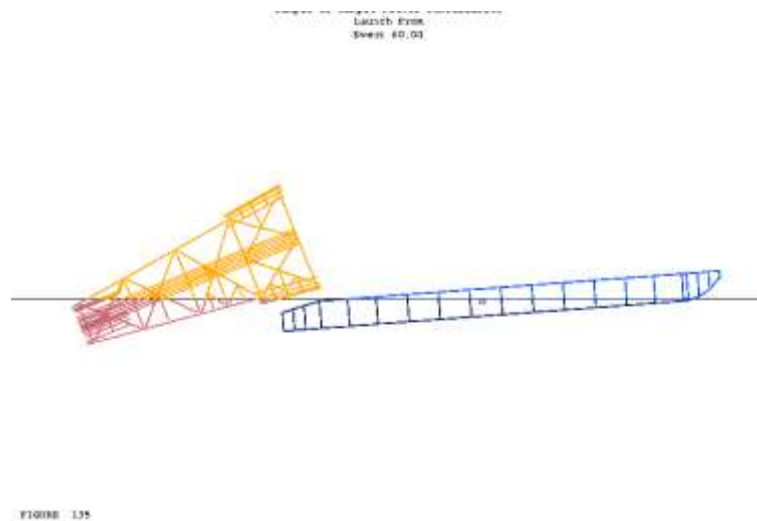
Simulasi peluncuran dilakukan dengan menggunakan software MOSES. Pemodelan jacket yang telah dikonversikan kedalam software MOSES disatukan dengan pemodelan barge. Struktur akan diluncurkan dari atas barge, dimana kemiringan barge diatur sedemikian rupa sehingga struktur bisa meluncur sesuai dengan prosedur yang dibuat. Jacket diluncurkan dengan kondisi lingkungan yang tenang berdasarkan peraturan American Bureau of Shipping (ABS). Peluncuran hingga mengalami tipping terjadi selama 60 detik. Pada simulasi peluncuran ini pada MOSES didapatkan percepatan pada struktur jacket ketika sedang meluncur. Jacket diluncurkan dengan sudut awal barge 2 derajat, dan akan terus bertambah seiring peluncuran jacket hingga akan tipping.



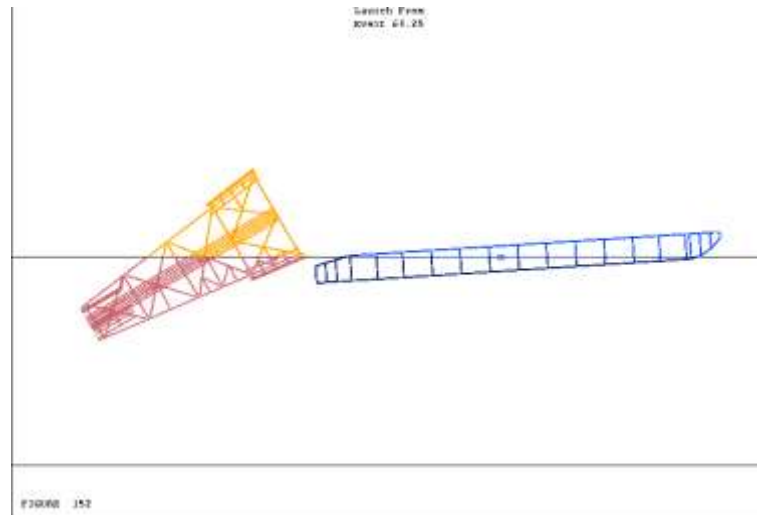
Gambar 4.24 Simulasi peluncuran pada saat posisi 1 (20 meter dari depan kapal, sudut kemiringan barge 2 derajat).



Gambar 4.25 Simulasi peluncuran pada saat posisi 2 (60 meter terhadap depan kapal, sudut kemiringan barge 3 derajat).



Gambar 4.26 Simulasi peluncuran pada saat posisi 3 (90 m dari depan kapal, sudut kemiringan barge 4 derajat). (struktur jacket mengalami tipping)



Gambar 4.27 Simulasi peluncuran pada saat struktur jacket tercelup di laut lepas dari barge

Dengan menggunakan software MOSES didapat percepatan pada masing-masing support can jacket yang dipengaruhi oleh respon gerak kapal.

Tabel 4.19. Daftar percepatan pada masing2 support can jacket struktur posisi 1

Titik	Surge(m/s ²)	Sway(m/s ²)		Heave(m/s ²)
1	0.1	0.447		0.434
2	0.1	0.405		0.824
3	0.1	0.378		0.832
4	0.1	0.447		0.808
5	0.1	0.405		0.823
6	0.1	0.376		0.41

Tabel 4.20. Daftar percepatan pada masing2 support can jacket struktur posisi 2

Titik	Surge(m/s ²)	Sway(m/s ²)	Heave(m/s ²)
1	0.11	0.512	0.472
2	0.12	0.475	0.874
3	0.12	0.378	0.861
4	0.12	0.513	0.838
5	0.12	0.475	0.836
6	0.1	0.376	0.453

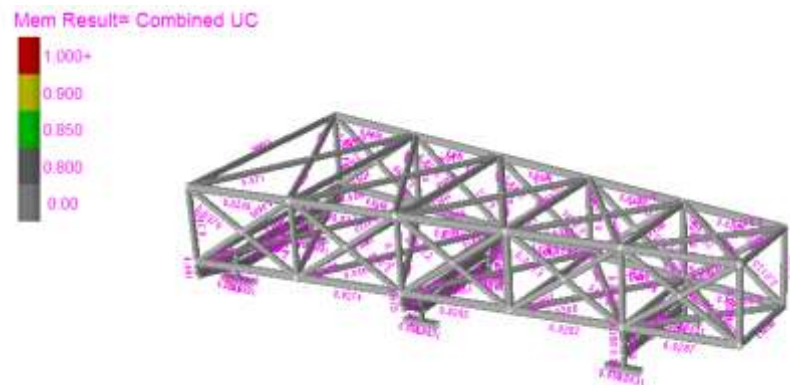
Tabel 4.21. Daftar percepatan pada masing2 support can jacket struktur posisi 3

Titik	Surge(m/s ²)	Sway(m/s ²)	Heave(m/s ²)
1	0.116	0.234	0.705
2	0.15	0.387	0.913
3	0.104	0.43	0.897
4	0.15	0.321	0.883
5	0.15	0.39	0.891
6	0.15	0.301	0.701

4.4 Analisis Stress Struktur Jacket Pada Saat Peluncuran

Analisis Stress dilakukan dengan menggunakan software SACS. Hasil yang dikeluarkan dari software MOSES berupa percepatan di inputkan kedalam software SACS, lalu dilakukan analisa stress pada struktur *jacket*.

4.4.1 Analisis stress struktur jacket pada saat posisi 1



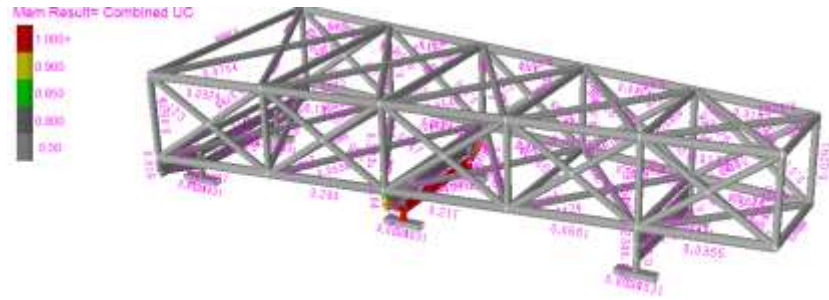
Gambar 4.28 Maximum uc struktur jacket pada posisi 1 (42 meter dari depan kapal).

Tabel 4.22. Daftar UC dan axial stress pada posisi 1

MEMBER	Maximum Unity Check	Axial Stress (ksi)	Shear stress y (ksi)
L2A4-0003	0.58	0.161	0.241
L2B4-0004	0.58	0.161	0.241

Berdasarkan hasil diatas didapat member dengan unity check maximum sebesar L2A4-0003 dan L2B4-0004 sebesar 0.58

4.4.2 Analisis stress struktur jacket pada saat posisi 2



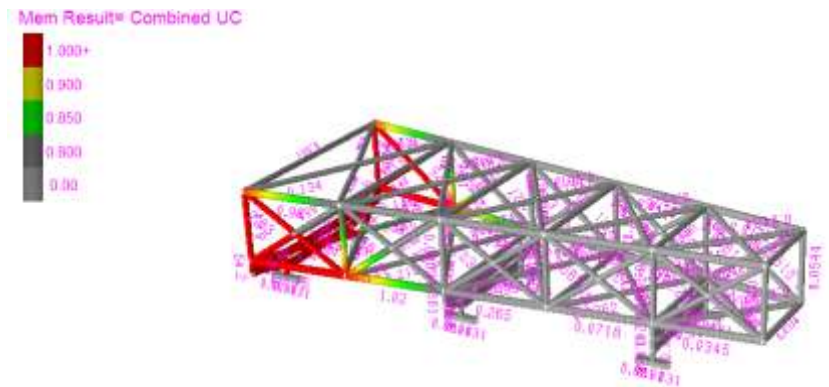
Gambar 4.29 Maximum uc struktur jacket pada saat posisi 2

Tabel 4.23. Daftar UC dan axial stress pada *jacket* struktur tertinggi saat posisi 2

MEMBER	Maximum Unity Check	Axial Stress (ksi)	Shear stress y (ksi)
L2A4-0003	1.64	1.641	0.739
L2B4-0004	1.64	1.641	0.739

Berdasarkan hasil diatas didapat member dengan unity check maximum sebesar L2A4-0003 dan L2B4-0004 sebesar 1.64

4.4.3 Analisis stress struktur jacket pada saat posisi 3



Gambar 4.30 Maximum uc struktur jacket pada saat posisi 3

Tabel 4.24. Daftar UC dan axial stress pada *jacket* struktur tertinggi saat posisi 3

MEMBER	Maximum Unity Check	Axial Stress (ksi)	Shear stress y (ksi)
0001-0003	18.3	18.301	1.357
0004-0010	18.3	18.301	1.357

Berdasarkan hasil diatas didapat member dengan unity check maximum sebesar 0001-0003 dan 0004-0010 sebesar 18.3

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Semakin jacket mengalami kondisi lepas dari barge, semakin besar stress yang dialami oleh member jacket. Ini diakibatkan oleh semakin sedikitnya bagian jacket yang menumpu pada barge.
2. Beberapa member yang memperoleh stress paling tinggi yang dialami oleh struktur jacket hasil Tugas Rancang Besar III pada setiap proses peluncuran ialah 0001-0003, 0004-0010 dengan axial stress yang dialami sebesar 18.301 ksi dan shear stress sebesar 1.357 ksi pada saat kondisi tipping.
3. Barge mengalami peningkatan akselerasi terhadap gerak heave dan surge serta penurunan akselerasi terhadap gerakan sway selama proses launching terjadi

5.2 Saran

Berikut adalah saran untuk peneliti selanjutnya.

1. Menguji analisis stress dengan model jacket maupun barge yang lain.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- API, 1993. *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms' Working Stress Design*, API (RP2A-WSD).
- American Bureau of Shipping. 1997. *Rules for Building and Classing Offshore Installation*.
- Bhattacharyya, Rameswar. 1972. *Dynamics of Marine Vehicles*. New York : John Wileys and Sons.
- Chakrabarti, S.K., (1987), "*Hydrodynamics of Offshore Structures*". Computational Mechanics Publications Southampton, Boston, USA.
- Chakrabarti, S.K. 2005. *Handbook of Offshore Engineering*, Elsevier, Amsterdam.
- Chul H.Jo, Kyung S.Kim, Jae H. Kim dan S.H. Lee. 2002. "*Parametric Study On Offshore Jacket Launching*". **Ocean Engineering**, Volume 29, Number 15, December.
- Gerwick, B.C., 1986. *Construction of Offshore Structures*. New York, USA: Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Indiyono P. 2004. *Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai*. Surabaya: SIC.
- Noble Denton International Ltd. 2005. *Guidelines for the Transportation and Installation of Steel Jacket 2nd*.
- Pierson, W.J., Jr. and St. Denis, M., (1953) "*On the Motions of Ships in Confused Seas*", *Trans. SNAME* Vol. 61.
- Putra, A. Y. 2010. "*Studi Pengaruh Variasi COG dan Sudut Trim Barge Saat Jacket Launching*". Undergraduate Theses : Teknik Kelautan, ITS
- Popov, E.P. and translator : Zaenal Astamar (1996). *Mekanika Teknik , Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga.
- Rawson, K.J, dan Tupper, E.C. 2001. *Basic Ship Theory 5th edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Soegiono. 2004. *Teknologi Produksi dan Perawatan Bangunan Laut*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Soetomo, Joesoef. 2010. *Hidrodinamika II*. Kumpulan Materi Kuliah Jurusan Teknik Kelautan.
- Ultramarine Inc. 2001. *Reference Manual for Moses*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN DATA KATALOG BOA BARGE 21/22

BOABARGE 21 / BOABARGE 22



BOABARGE 21/22

GENERAL

Vessel's name:	BOABARGE 21
	BOABARGE 22
Flag:	Norwegian, NOR
Port of registry:	Trondheim
Call sign:	BB21: LK 6896
	BB22: LK 6897
Year built:	2001
Builder:	Jinling Shipyard, Nanjing, China
Yard No.:	
	BB21: JLZ 98 - 0715
	BB22: JLZ 98 - 0716
Owner:	Boa Offshore AS
Manager:	Taubátkompaniet AS

MAIN DIMENSIONS

Length, oa:	92.000 m	301.8 ft
Breadth, moulded:	31.500 m	103.3 ft
Breadth, max:	~31.900 m	~104.7 ft
Depth, moulded:	6.710 m	22.0 ft
Draught, fully loaded:	5.300 m	17.4 ft
Deck area:	~2 700 m ²	~29 030 ft ²
Frame spacing:	2.000 m	6.6 ft
WEB frame spacing:	2.000 m	6.6 ft
Long. stiffener spacing:	0.610 m	2.0 ft

LAMPIRAN DATA INPUT .CIF SIMULASI MOSES

set devices

&device -oecho no -g_default file -fig y

&dimen -dimen feet kips

&set launch = .true.

&set transportation = .false.

&set loadout = .false.

&set upend = .false.

&set lift = .false.

inmodel

setup

INST_LAUNCH

&IF %LAUPLT% &THEN

PRCPOST

```
&LOOP I (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 \
    33 34 35 37 38 39 40 40.25 40.5 40.75 41 41.25 41.5 41.75 42 42.25 42.5 42.75 43 43.25 \
    43.5 43.75 44 44.25 44.5 44.75 45 45.25 45.5 45.75 46 46.25 46.5 46.75 47 47.25 47.5 \
    47.75 48 48.25 48.5 48.75 49 49.25 49.5 49.75 50 50.25 50.5 50.75 51 51.25 51.5 51.75 52 \
    52.25 52.5 52.75 53 53.25 53.5 53.75 54 54.25 54.5 54.75 55 55.25 55.5 55.75 56 56.25 56.5 \
    56.75 57 57.25 57.5 57.75 58 58.25 58.5 58.75 59 59.25 59.5 59.75 60 60.25 60.5 60.75 61 \
    61.25 61.5 61.75 62 62.25 62.5 62.75 63 63.25 63.5 63.75 64 64.25 64.5 64.75 65 65.25 65.5 \
    65.75 66 66.25 66.5 66.75 67 67.25 67.5 67.75 68 68.25 68.5 68.75 69 69.25 69.5 69.75 70 \
    70.25 70.5 70.75 71 71.25 71.5 71.75 72 72.25 72.5 72.75 73 73.25 73.5 73.75 74 74.25 74.5 \
    74.75 75 75.25 75.5 75.75 76 76.25 76.5 76.75 77 77.25 77.5 77.75 78 78.25 78.5 78.75 79 \
    79.25 79.5 79.75 80 80.25 80.5 80.75 81 81.25 81.5 81.75 82 82.25 82.5 82.75 83 83.25 83.5 \
    83.75 84 84.25 84.5 84.75 85 85.25 85.5 85.75 86 86.25 86.5 86.75 87 87.25 87.5 87.75 88 \
```

88.25 88.5 88.75 89 89.25 89.5 89.75 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 \

106 107 108 109 110 111 112 113 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125

&PICTURE SIDE -EVENTS %I% %I% 1

&ENDLOOP

&SUBTITLE PRE LAUNCH CONDITION (TRIM 4.70DEG, FRICTION COEFFICIENT 0.08)

&PICTURE SIDE -EVENTS 0 0 0

&PICTURE TOP -EVENTS 0 0 0

&SUBTITLE JACKET SLIDES

&PICTURE SIDE -EVENTS 25.0 25.0 0

&PICTURE TOP -EVENTS 25.0 25.0 0

&SUBTITLE JACKET TIPS

&PICTURE SIDE -EVENTS 50.5 50.5 0

&PICTURE TOP -EVENTS 50.5 50.5 0

END

&ENDIF

inst_spost

STRPOST -INITIALIZE

End_strpost

Structural -INITIALIZE

End_struct

i_finish

LAMPIRAN DATA INPUT .DAT SIMULASI MOSES

use_mac install

&dimen -dimen meters k-nts

i_set do_movie .false.

i_set render -render wf

&title Sample Of Simple Jacket Installation

i_set wdepth 91

i_set margin 5

i_set per_apply 105

i_set code_lim 1.,1e6 0.,1.0

i_set c_code -SELE @ -EX ~dum@

i_set n_code -SELE @ -EX

i_set n_fat -SELE @ -EX

i_set fat_lim .25,1.e6 0,0.25

i_set b_sn awse

i_set scf Efthymiou

i_set sn XP

use_ves

&SET port_nod = *J703 *J503 *J403 *J397 *J303 *J394 *J393 \

*J392 *J203 *J299 *J292 *J293 *J103

&SET stbd_nod = *j705 *j505 *J405 *J496 *J305 *J493 *J492 \

*J491 *J205 *J387 *J290 *J291 *J105

model_in Jacket big_jack.dat 42 0 1.535+2.896 \

-port_nod %port_nod% \
-stbd_nod %stbd_nod% \
-top_node *j713 \
-extremes a1top *j709 a1bot *j86 \
a4top *j715 a4bot *j83 \
b1top *j701 b1bot *j85 \
b4top *j707 b4bot *j182

~tiedown tube 356 19

i_connector v_lway

i_connector 4_tie ~tiedown %port_nod %stbd_nod

i_connector up_sling *j503 30 *j505 30 *j513 30 *j511 30

i_connector lift_slng *J413 30 *J213 30 *J411 30 *J211 30

i_tank a1leg *J86 *j709 -permiability 4

i_tank a2leg *J83 *j711 -permiability 4

i_tank a3leg *J84 *j713 -permiability 4

i_tank a4leg *J87 *j715 -permiability 4

i_tank b1leg *J85 *j701 -permiability 4

i_tank b2leg *J81 *j703 -permiability 4

i_tank b3leg *J82 *j705 -permiability 4

i_tank b4leg *j182 *j707 -permiability 4

LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 1


```
&device -oecho no -g_default file -fig y
&dimen -dimen feet kips
inmodel
&dimen -dimen meters m-tons
&describe body
&instate -condi 2.025 0.052 1.95
&pltmodel
    pic iso -anot points
    pic top
    pic starboard
    pic bow
end
hstati
equi -num 500 -echo yes
&stat -hard
&stat comp -h
&stat draft -h
hydro
&para -m_dist 5
    G_PRESS -heading 0 45 90 135 180 225 270 315 -speed 0
&dimen -dimen meters m-tons
&status Force
end
freq_resp
rao -heading 0 45 90 135 180 225 270 315 -speed 0
```

&subtitle PLB Motion Report

fp_std 93.08 0.31 10.89

equ_sum

matrices -file yes

report

end

fp_std *J703

equ_sum

matrices -file yes

report

end

fr_point *J703 -acceleration

report

end

fr_point *J703 -velocity

report

end

fr_point *J703

report

end

end_freq_resp

&FINISH

LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 2

LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 2

```
&device -oecho no -g_default file -fig y
&dimen -dimen feet kips
inmodel
&dimen -dimen meters m-tons
&describe body
&instate -condi 2.025 0.052 2.55
&pltmodel
    pic iso -anot points
    pic top
    pic starboard
    pic bow
end
$&apply @
hstati
equi -num 500 -echo yes
&stat -hard
&stat comp -h
&stat draft -h
end
hydro
&para -m_dist 5
    G_PRESS -heading 0 45 90 135 180 225 270 315 -speed 0
&dimen -dimen meters m-tons
&status Force
```

```
end

freq_resp

rao -heading 0 45 90 135 180 225 270 315 -speed 0

&subtitle PLB Motion Report

fp_std 93.08    0.31    10.89

equ_sum

matrices -file yes

    report

    end

fp_std *J703

equ_sum

matrices -file yes

    report

    end

fr_point *J703 -acceleration

    report

end

fr_point *J703 -velocity

    report

end

fr_point *J703

    report

end

end_freq_resp

&FINISH
```

LAMPIRAN DATA INPUT .CIF POSISI 3

```
&device -oecho no -g_default file -fig y
&dimen -dimen feet kips
inmodel
&dimen -dimen meters m-tons
&describe body
&instate -condi 2.025 0.052 3.3
&pltmodel
    pic iso -anot points
    pic top
    pic starboard
    pic bow
end
hstati
equi -num 500 -echo yes
&stat -hard
&stat comp -h
&stat draft -h
end
hydro
&para -m_dist 5
    G_PRESS -heading 0 45 90 135 180 225 270 315 -speed 0
&dimen -dimen meters m-tons
&status Force
end
freq_resp
```


rao -heading 0 45 90 135 180 225 270 315 -speed 0

&subtitle PLB Motion Report

fp_std 93.08 0.31 10.89

equ_sum

matrices -file yes

report

end

fp_std *J703

equ_sum

matrices -file yes

report

end

fr_point *J703 -acceleration

report

end

fr_point *J703 -velocity

report

end

fr_point *J703

report

end

end_freq_resp

&FINISH

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bogor, 15 Maret 1995, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Nur Salam Cirebon, SDN Polisi 4 Bogor, SMPN 4 Bogor, SMAN 8 Bandung. Setelah lulus dari SMAN 8 Bandung tahun 2013, penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP. 4313100091.

Di Jurusan Teknik Kelautan ini penulis mengambil bidang Studi *Offshore Structure*. Selama menempuh kuliah di jurusan Teknik Kelautan ITS, penulis sempat aktif di beberapa kegiatan yang diselenggarakan oleh jurusan, fakultas bahkan di Institut. Selama menempuh masa perkuliaan, penulis sempat aktif menjadi staff Ritek Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan 2014/2015, Pengurus Offshore Oil Rig Club 2015/2016 dan Kepanitian ITS Expo 2014-2016